BIDRAG TILL KÄNNEDOMEN

OM DE VID

GASERS OCH VÄTSKORS LÖSNINGAR I VÄTSKOR UPPTRÄDANDE VOLYMÄNDRINGARNE

AKADEMISK AFHANDLING

AF

EMIL ALMÉN

UPPSALA 1901
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

11556.

BIDRAG TILL KÄNNEDOMEN

OM DE VID

GASERS OCH VÄTSKORS LÖSNINGAR I VÄTSKOR UPPTRÄDANDE VOLYMÄNDRINGARNE

AKADEMISK AFHANDLING

SOM MED TILLSTÅND AF

VIDTBERÖMDA FILOSOFISKA FAKULTETENS I UPSALA

MATEMATISK-NATURVETENSKAPLIGA SEKTION

FÖR FILOSOFISK DOKTORSGRADS ERHÅLLANDE

TILL OFFENTLIG GRANSKNING FRAMSTÄLLES

Å FYSISKA LÄROSALEN

TISDAGEN DEN 28 MAJ 1901 KL. 10 F. M.

AF

EMIL FREDRIK ALMÉN

FILOSOFIE LICENTIAT AF GÖTEBORGS LANDSKAP

UPPSALA 1901

ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

Inledning.

Uppfattningen af vätskornas molekylära tillstånd har på senare tid hufvudsakligen genom VAN DER WAALS arbeten[1] väsentligen modifierats, i det att nu åt vätsketillståndet i dess förhållande till gastillståndet inga andra särskildt utmärkande egenskaper tillerkännas, än sådana, som betingas af den vida mindre volym, till hvilken molekylerna hos vätskan äro hänvisade i jämförelse med hvad fallet är hos gaser.

Det har sedan länge varit kändt, att de för en ideell gas gällande enkla lagarne ej ägde sin stränga giltighet för de i naturen förekommande gaserna. VAN DER WAALS m. fl. lyckades påvisa, att afvikelserna kunde tillfredställande förklaras, om man ej som vid den ideella gasen försummade gasmolekylernas egenvolym och de mellan desamma förefintliga attraktiva krafterna. Genom att taga nödig hänsyn härtill, lyckades VAN DER WAALS att uppställa en för gaserna med observationsresultaten väl öfverensstämmande relation mellan volym, tryck och temperatur, m. a. o. gasernas tillståndsekvation. Fortsättande på den inslagna vägen, lyckades han påvisa, att samma funktionsform var tillämplig äfven för vätskorna. Vi kunna således nu uppfatta vätskorna som molekylsamlingar, underkastade ett högt tryck, betingadt af den mellan molekylerna verkande attraktionen och därför ej i stånd att utåt göra sig märkbart.

Utgående från denna molekylarteori för de enkla kropparne har VAN DER WAALS öfvergått till studiet af lösningar.

[1] VAN DER WAALS, Die Continuität des Gasförmigen und Flüssigen Zustandes. Leipzig 1881.

Problemet att för lösningar uppställa en fullständig molekylarteori är emellertid synnerligen kompliceradt; de af VAN DER WAALS erhållna kvalitativa resultaten kunna vidare på grund af bristande observationsmaterial i allmänhet för närvarande ej underkastas kvantitativ pröfning.

Det har därföre synts mig vara af intresse att, utgående från VAN DER WAALS uppfattning af vätsketillståndets natur, söka underkasta ett specialfall af det allmänna problemet angående lösningarnes molekylära egenskaper, nämligen de vid gasers och vätskors lösningar i vätskor uppträdande volymändringarne, en undersökning. En dylik undersökning öfver den sannolikt enklaste delen af problemet borde kunna leda till resultat, som åtminstone approximativt kunde underkastas en kvantitativ pröfning.

Det visade sig, att för detta ändamål det i örsta rummet var nödvändigt att utvidga observationsmaterialet. Beträffande gasers lösningar i vätskor föreligga åtskilliga undersökningar och äro uppställda flere empiriska lagar, för hvilka jag i det följande skall redogöra; men flere af dessa lagar behöfde ytterligare pröfvas och själfva siffermaterialet kräfde en ökning. Beträffande vätskors lösningar i vätskor förelågo, försåvidt jag har mig bekant, siffermaterial blott för lösningar af en del vätskor i vatten. Äfven andra lösningar borde experimentellt undersökas.

Jag skall i det följande först redogöra för mina experimentella undersökningar öfver volymändringarne vid gasers absorption i vätskor och därvid äfven meddela en historik öfver det viktigaste, som förut blifvit gjordt i ämnet, därefter för mina undersökningar öfver volymändringarne vid lösningar af åtskilliga vätskor, hvilka bestått i bestämning af dessas specifika vikt vid olika procenthalt af de ingående vätskorna samt slutligen den teoretiska behandling jag sökt underkasta det förefintliga observationsmaterialet.

Samtliga experiment äro utförda å Fysiska Institutionen i Upsala, och är det mig den angenämaste plikt att till Institutionens Prefekt, Herr Professor K. Ångström uttala ett varmt och vördsamt tack för den beredvillighet, hvarmed nö-

diga instrument och material ställts till mitt förfogande, samt för det välvilliga intresse, hvarmed han följt mitt arbete och hvilket tagit sig uttryck i många värdefulla råd och anvisningar; i sistnämnda afseende står jag äfven till Herr Laborator G. Granqvist i den största förbindelse.

I. Bestämning af volymändringarne hos vätskor vid absorption af gaser.

Historik.

Öfver de volym- och täthetsförändringar, en vätska undergår, då hon absorberar en gas, föreligga ganska få äldre bestämningar. Sådana äro utförda af Bergman[1], som bestämt specifika vikten hos kolsyrehaltigt vatten; af Thomson[2], som undersökt totala volymtillökningen vid vattnets mättning med ammoniak, klorväte, svafvelsyrlighet och klor; af Deicke[3], som i samband med en bestämning af absorptionskoefficenten för klorväte i vatten genom direkt mätning äfven bestämt volymtillökningen vid mättning; af Wroblewski[4], som vid en undersökning öfver gasers diffusion i vätskor också utfört en bestämning af kolsyrehaltigt vattens specifika vikt och därvid äfven behandlat volymtillökningen vid absorptionen.

Undersökningar öfver volymtillökningen hos vatten vid absorption af gaser äro vidare utförda af Mackenzie och Nichols[5] för kolsyra, samt af Nichols och Wheeler[6], hvilka i samband med en annan undersökning äfven meddela uppgifter om volymändringarne vid vattnets absorption af kolsyra och ammoniak.

Vid samtliga dessa bestämningar är det volymtillökningen vid mättning, som blifvit bestämd. För bestämningens utförande har Deicke användt en direkt uppmätning af volymens

[1] Opuscula Chemica et Physica I p. 9.
[2] A treatise on Chemistry.
[3] Pogg. Ann. 119. p. 156. 1863.
[4] Ann der Phys. und Chem. *2.* p. 481. 1877. (Neue Folge).
[5] „ „ „ „ „ *3.* p. 134. 1878. „ „
[6] Phil. Magaz. Febr. 1881.

ökning; Mackenzie och Nichols aflägsnade den vätskekvantitet, som motsvarade volymtillökning, från den öfriga vätskemängden och vägde densamma; i öfriga fall hafva bestämningarne skett genom mätningen af lösningens specifika vikt. Emot sådana metoder kunna dock allvarsamma anmärkningar göras. Då den absorberade gaskvantiteten skall beräknas därur, att vattnet blifvit mättadt med gasen, införes felet i bestämningen af absorptionskoefficienten, hvilket, särdeles vid de starkt absorberbara gaserna, ofta torde vara ganska stort. Vidare kommer svårigheten att afgöra, huruvida vattnet i verkligheten varit mättadt: att i likhet med Mackenzie och Nichols antaga, att detta varit fallet, då en gasström fått en längre tid passera genom en större vattenkvantitet, torde vara ganska vågadt[1]. När volymändringen erhållits genom bestämning af lösningens specifika vikt, tillkomma alla vanskligheter vid utförandet af en noggrann sådan, äfvensom gasförlust under vägningarne, hvilket allt, där absorptionen ej är synnerligen stark och därmed volymtillökningen betydlig, torde förorsaka afsevärda fel. Hvad slutligen Mackenzie's och Nichols' metod beträffar, torde svårigheten att hålla hela den vid försöken använda vätskekvantiteten, cirka 4.5 liter, vid konstant temperatur samt vattnets afdunstning bidraga till insmygande af fel. Slutligen äro samtliga ofvannämnda metoder allt för okänsliga för bestämningens utförande för obetydligt lösliga gaser samt vid låga mättningsgrader.

Den första fullt tillfredsställande metod att under dessa sistnämnda förhållanden utföra noggranna mätningar är angifven af K. Ångström[2]. Hans metod grundar sig på direkt uppmätning af den volymtillökning, som åstadkommes genom försöksvätskans absorption af en direkt uppmätt gasvolym. Ge-

[1] Huru ytterst långsamt gasabsorption kan försiggå, har jag under mina undersökningar ofta varit i tillfälle att iakttaga. Vid ett tillfälle hade exempelvis en kvantitet metan införts i min dilatometer öfver vatten, för att af detta absorberas. När vattnet hunnit till närheten af mättning, åtgick för gaskvantitetens fullständiga absorption en tid af cirka en månad. Detta torde bevisa faran af ett sådant antagande, som det förestående.

[2] Öfvers. af Kongl. Vetensk. Ak. Förh. 1881. N:o 6.

nom att vätskan hölls innesluten i ett glaskärl ofvanför där befintligt kvicksilfver hindrades densammas afdunstning. Mot metoden kan emellertid invändas, att den blott tillåter införandet af ganska små gaskvantiteter, samt att den är tidsödande. Ångström undersökte på detta sätt volymändringarne vid vattens absorption af luft, kväfgas, koloxid, syrgas, vätgas och kolsyra. Han införde begreppet absorptions-dilatationskoefficient, som definieras såsom *den volymtillökning, volymenheten gas, tagen vid 0° temperatur och 760 mm. tryck, genom absorptionen åstadkommer.*

Efter denna undersökning utförde Bellati och Lussana [1] en bestämning af absorptions-dilatationskoefficientens storlek och dess ändring med temperaturen. Vatten och alkohol mättades med kolsyra och kväfoxidul, och lösningarnes specifika vikt bestämdes.

Härefter upptogs frågan af Blümcke [2], som undersökte volymändringarne, då vatten och alkohol vid höga tryck fingo absorbera kolsyra. Äfven hans metod grundar sig på bestämning af lösningarnes specifika vikt, och han använde härför en modifierad areometeranordning. Han undersökte sålunda kolsyrelösningar af olika procenthalt kolsyra, från 0 % upp till 100 %. Bestämningarne utfördes vid olika temperaturer.

Vid samtliga förestående undersökningar hafva ej andra vätskor användts än vatten och alkohol. En bestämning af absorptions-dilatationskoefficienten för ett antal andra vätskor är utförd af K. Ångström [3]. Efter en metod, som i likhet med hans förra grundar sig på direkt mätning af gasens volym före absorptionen och vätskans volymtillökning efter densamma, men i öfrigt är i flere afseenden förbättrad, har han bestämt nämnda koefficient för kolsyra, luft och vätgas vid deras absorption i kloroform, nitrobenzol, benzol, metylalkohol, etylalkohol och etyleter.

---

[1] Atti Ist. Ven. (6). 7. 1889. Beiblätter der Ann. der Phys. u. Chem. Bd. 14

[2] Ann. der Phys. u. Chem. B. 23. pag. 404. 1884 och B. 30. p. 243. 1887.

[3] Ann. der Phys. u. Chem. B. 33. p. 223. 1888. (Neue folge).

Slutligen vill jag här omnämna, att för en del gaslösningar i vatten specifika vikten blifvit bestämd vid olika procenthalt af gasen, nämligen för ammoniaklösningar af Carius 1856 [1], bromväte- och jodvätelösningar af Topsoë 1870 [2], svafvelsyrlighetslösningar af Giles och Schearer[3], ammoniaklösningar af Lunge och Wiernik 1889 [4] och klorvätelösningar af Lunge och Marschlewski 1891 [5]. Ofvanstående uppgifter äro hämtade ur Landolt o. Börnstein, Phys.-Chem. Tabellen, 1894. Ur dessa bestämningar kan absorptions-dilatationskoefficienten beräknas, och jag skall längre fram angifva de värden på densamma, som därvid erhållas.

För resultaten af förestående undersökningar skall jag senare utförligare redogöra, men vill här i största allmänhet omnämna dem.

Mackenzie och Nichols, Nichols och Wheeler samt Ångström hafva för de af dem undersökta gaser och vätskor funnit volymtillökningen hos vätskan proportionel mot den absorberade gasvolymen, eller med andra ord, att absorptions-dilatationskoefficienten är konstant och oberoende af den absorberade gaskvantiteten. Blümcke har funnit detta bekräftadt för kolsyra, så snart ej vid användande af höga tryck en synnerligen stor mängd kolsyra absorberats af vätskan (50-procentiga lösningar och därutöfver).

Vidare har Ångström påvisat följande:

Absorptions-dilatationskoefficienten för samtliga undersökta gaser vid absorption i samma vätska varierar inom ganska trånga gränser.

Olika gasers absorptions-dilatationskoefficienter ordna sig efter gasernas kompressibilitet, så att gaser, som vid ett visst högt tryck ha den större volymen, äfven ha den större absorptions-dilatationskoefficienten. Det tryck, som skulle fordras för att komprimera gasen till samma volym, hvarmed

[1] Ann. d. Chem. u. Pharm. B. 99. p. 164, 1856.
[2] Ber. d. D. Chem. Gesellsch. B. 3, p. 404, 1870.
[3] Journ. Soc. Chem. Industry. B. 4, p. 303.
[4] Zeitschr. für angewandte Chem. 1889.
[5] Zeitschr. für angew. Chem. 1891.

den vid absorption i vatten utvidgar vätskan, erhållet ur Natterers tabeller, är synnerligen högt, omkring 2500 atmosfärer.

Förhållandet mellan tvenne gasers absorptions-dilatationskoefficienter är oberoende af den absorberande vätskans natur. Lagen är approximativ, hvarjämte i ett fall, kolsyra i etyleter, en betydande afvikelse förefinnes.

Absorptions-dilatationskoefficienten för en gas blir oförändrad, om absorptionen sker i vätska, som innehåller redan förut absorberad annan gas. Häraf följer med stor sannolikhet, att absorptions-dilationskoefficienten för en gasblandning kan lineärt beräknas ur beståndsdelarnes absorptions-dilatationskoefficienter.

Af Ångströms bestämningar framgår äfven, att absorptions-dilatationskoefficienten för en och samma gas vid olika vätskor vanligen är större för vätska med större kompressibilitet.

Bellati och Lussana ha påvisat, att absorptions-dilatationskoefficienten växer med stigande temperatur. Blümcke har äfvenledes kommit till samma resultat.

Slutligen har Ostwald[1] sammanställt de af Ångström funna värdena på absorptions-dilatationskoefficienten vid absorption i vatten med de enligt Clausius' formel beräknade molekylarvolymerna, och finner dessa båda kvantiteter ligga hvarandra ganska nära, äfvensom i allmänhet samma gång i de respektive värdena för olika gaser, och drager häraf den slutsatsen, att genom absorption den absorberade gasens volym nästan fullständigt är reducerad till dess molekylarvolym.

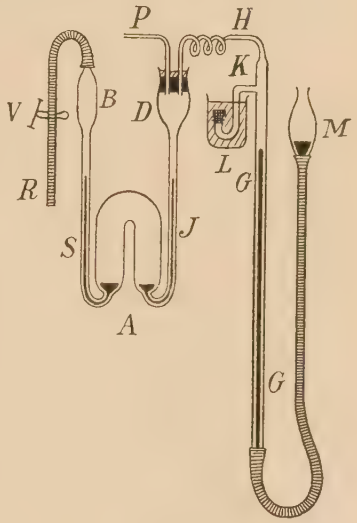
De undersökningar, som jag utfört, ha afsedt att utröna, huruvida lagen om proportionalitet mellan volymtillökningen hos den absorberadne vätskan och den absorberade gasens volym gäller äfven för i hög grad absorberbara gaser; vidare att bestämma absorptions-dilatationskoefficienten för gaser med stor molekylarvolym, för att efterse, om densamma finge ett motsvarande högt värde; vidare att ytterligare pröfva lagen, att absorptions-dilatationskoefficienten för en gas ej undergår någon förändring genom att vätskan innehöll förut absorberad annan gas.

[1] W. Ostwald, Stöchiometrie. p. 634. Leipzig 1885.

Dessutom har jag äfven bestämt absorptions-dilatationskoefficienten för en gas, absorberad i vätskeblandningar och densammas variation med varierande mängder af de i blandningen ingående vätskorna.

Försöksanordning.

Den metod, jag för mätning af absorptions-dilatationskoefficienten användt, är den samma, som af Ångström angifvits och brukats vid hans senare undersökning, och finnes beskrifven i ofvan citerade meddelande öfver försöken[1]. Jag vill likväl här utföra en redogörelse för den samma. En schematisk teckning af den använda apparaten synes nedan.



M är en större kvicksilfverbehållare, som kan anbringas och fästas vid olika höjder och som genom en kautschukslang står i förbindelse med röret *G*. Detta är försedt med gradering och kalibreradt samt tjänar till upptagande och förvaring af den vid försöket använda gasen. För att kunna erhålla gasens tryck inne i röret noga lika med atmosfärtrycket är upptill manometerröret *K* anbragt. Detta nedstår i en bägare *L*, fylld med paraffinolja, hvilken når öfver manometerrörets uppåtböjda mynning. Manometern är nämligen försedd med en sådan för att densamma må kunna, när den ej användes för tryckets injusterande, tillkorkas, då eljest den lätta manometervätskan vid ändradt lufttryck eller vid ändradt tryck inne i gasförvaringsröret skulle inpressas i detta.

[1] Sid. 4.

Gasförvaringsröret *G* är omgifvet af ett (ej på figuren angifvet) vidare glasrör, fylldt med vatten, hvari var nedsänkt en termometer äfvensom en omrörare; detta för noggrant iakttagande af gasens temperatur.

Genom en glasfjäder *H* står gasförvaringsröret i förbindelse med dilatometern, *A*. *H* är jämte röret *P* inpassad i en kautschukpropp eller en kork, som är insatt i delen *D* af dilatometern. Ofvanför proppen är i denna kvicksilfver infördt i och för åstadkommande af fullständig tätning. Röret *P* tjänar till gasens införande.

Dilatometern *A* utgöres af ett *U*-formigt böjdt vidt glasrör, på hvars grenar nedtill äro tillblåsta två fina, möjligast jämntjocka kapillärrör, *S* och *J*. Dessa är graderade och kalibrerade och äro upptill försedda med de vidare tillsatsrören *B* och *D*. Öfver *B* är kautschukslangen *R* påkrängd, på hvilken befinner sig en klämmare *V*, genom hvilken densamma kan lufttätt tillslutas.

Vid bestämningarnes utförande har man först att fylla dilatometern med försöksvätskan, som genom kokning befriats från förut absorberad gas. Vid lättflyktiga vätskor, såsom alkohol och æther, kondenserades de bildade ångorna genom en "Rückflusskühler" för att undvika en allt för stor förlust af vätska vid den 30—45 minuter varande, intensiva kokningen. Därefter insögs vätskan, ännu varm, i dilatometern, så att denna fullständigt fylldes, något, som genom lämplig lutning af densamma lätt kunde utföras[1]. Härefter infördes i ett af kapillärrörens vidare tillsatsrör en tillräcklig kvantitet kvicksilfver, som sjönk ned i kapillärröret och fyllde nedre delen af *U*-rörets ena gren, hvarpå kvicksilfver infördes äfven i den andra grenen. Härigenom blef dilatometern delvis fylld med kvicksilfver på sätt, som af figuren framgår.

[1] Detta förfaringssätt skiljer sig från det af Ångström använda. Han fyllde dilatometern genom att genom kokning under luftpumpen utdrifva luften ur den samma. Härigenom kunde mera luftfri vätska erhållas än vid mitt tillvägagångssätt. Som detta emellertid är betydligt enklare och den sannolikt ytterst ringa lufthalten i vätskan ej torde spela någon roll, har jag begagnat mig af detsamma.

Härefter måste kapillärröret befrias från kvarblifna rester af försöksvätskan, hvilket kunde utföras så, att kvicksilfret i ena röret genom luftens förtunning i det andra nedbragtes till kapillärrörets krök, hvarefter ett i förbindelse med en vattensug stående, mycket fint kapillärrör nedfördes i detsamma, hvilket sålunda genom en luftström torkades. För torkningens påskyndande, då försöksvätskan var vatten, infördes vid några tillfällen alkohol i kapillärröret för att bortskölja vattenresterna.

Sedan dilatometern på detta sätt fyllts och kapillärröret torkats, nedsattes dilatometern jämte det stativ, som uppbar den, i ett större, med afloppsrör försedt kärl, hvarigenom den kunde omgifvas med smältande is eller snö, hvarpå den propp, i hvilken röret *P* och glasfjädern *H* voro införda, insattes på sin plats och tätades med kvicksilfver. Härefter infördes försöksgasen i röret *G*, hvarvid förfors på följande sätt. Kvicksilfret i dilatometerns kapillärrör *I* hölls uppe i det på detta anbragta vidare röret. Gasen leddes in genom *P*, passerade genom glasfjädern och leddes ut genom manometerröret *K*, hvarvid den fick bubbla genom paraffinoljan. Behållaren *M* höjdes, till dess kvicksilfret i gasförvaringsröret nådde upp till den punkt, där manometern var tillblåst, hvarpå behållaren sänktes, så att gasen fick fylla röret. Härvid måste stor försiktighet iakttagas, att ej manometervätskan vid för hastig sänkning af behållaren pressades in i röret. Sedan röret blifvit fylldt, tömdes det åter genom att ånyo föra upp behållaren, och upprepades detta förfaringssätt, till dess gasen kunde anses tillräckligt luftfri. Därpå igensmältes röret *P*.

Vid en af de gaser, jag undersökt, kunde dock ej detta förfaringssätt användas, nämligen vid svafvelsyrlighet, då denna gas till följd af sin egenskap att angripa metaller ej fick i sådan kvantitet, som ofvan angifna metod nödvändiggör, utsläppas i laboratoriet, utan måste jag då gå till väga på så sätt, att jag fyllde röret *G* ensamt utom laboratoriet, därefter neddoppade nedre delen af glasfjädern i en liten skål med kvicksilfver, hvarpå det inbars i laboratoriet. I dilatometern var infördt så mycket kvicksilfver, att det fyllde rördelen *D* ända

upp till proppen. Genom att något höja behållaren *M* åstadkoms ett svagt öfvertryck i gasförvaringsröret, hvarpå glasfjädern upplyftades ur kvicksilfverskålen och så skyndsamt som möjligt infördes i proppen. Detta förfaringssätt lämnade dock en vida mindre luftfri gas än det föregående.

Sedan dessa förberedelser utförts, inpackades *U*-röret och nedre delarne af dilatometerns kapillärrör fullständigt i smältande is eller snö, och sedan dess temperatur kommit i närheten af 0° aflägsnades så mycket kvicksilfver ur dilatometern, att det kvarvarande nådde till nedre delen af de på kapillärrören uppdragna skalorna. Härefter har man att observera läget af detsamma i kapillärrören och att vänta, tills detta håller sig konstant. För att undvika fel genom parallax vid dessa afläsningar, utfördes de med en på cirka 2 meters afstånd från kapillärrören i jämnhöjd med dessa ställd kikare. Till följd af den starka uppvärmning, dilatometern underkastats vid fyllningen och däraf förorsakade "nollpunktsförändringar", dröjde detta i allmänhet 1 à 2 dygn. Därefter infördes gas i dilatometern. Sedan gasen i förvaringsröret *G* genom injustering medelst manometern, hvarvid hänsyn togs till kapilläruppsugningen i manometerröret, bragts till ett tryck, lika med atmosfärens, aflästes med en enkel katetometer läget af kvicksilfret i röret *G* medelst den på detsamma anbragta skalan, hvarefter lufttrycket äfvensom på förut angifvet sätt gasens temperatur aflästes. Genom sugning i slangen *R* bragtes därefter kvicksilfret vid *S* att stiga upp i *B*, hvarvid gas bubblade in genom kvicksilfret vid *I* och flöt upp i vätskan i dilatometern. När en lämplig gaskvantitet införts, fick kvicksilfret ånyo stiga upp i röret *I*, men hölls genom klämmaren *V* vid samma punkt i detta, som före gasens införande. Därefter injusterades ånyo medelst manometern trycket i gasförvaringsröret, hvarpå på samma sätt som förut kvicksilfverpelarens läge i detsamma äfvensom gasens temperatur aflästes. Under den korta tid, bestämningen varade, ändrades ej lufttrycket märkbart, hvarför förnyad barometerafläsning var onödig; temperaturen var i allmänhet konstant, men kunde någon gång ändras med några tiondels grader.

På detta sätt infördes i dilatometern en gasmassa af känd volym, temperatur och tryck, och kunde alltså densammas volym reduceras till 0° temperatur och 760 mm. tryck. Denna gasmassa fick nu absorberas af vätskan i dilatometern. Under hela den tid, absorptionen varade, hölls dilatometern alltid helt eller till stor del nedpackad i is eller snö till förekommande af "nollpunktsförändringar". Genom små skakningar af instrumentet äfvensom mycket svag uppvärmning af lämpliga delar af dilatometern kunde absorptionen något litet påskyndas. När all gas absorberats, aflästes ånyo kvicksilfrets läge i kapillärrören, till dess detta någon tid hållit sig konstant; härigenom erhålles direkt volymtillökningen hos vätskan. Därefter upprepades samma förfaringssätt, till dess ett tillräckligt antal observationer erhållits för att gifva ett tillförlitligt medelvärde på absorptions-dilatationskoefficienten.

Beräkningsmetod.

Om den till 0° temperatur och 760 mm. tryck reducerade gasvolym, som införts i vätskan, kallas g, och den däraf alstrade volymtillökningen kallas Δv, erhålles absorptions-dilatationskoefficienten δ ur ekvationen

$$\delta = \frac{\Delta v}{G}.$$

På δ inverka alltså fel i bestämningen af såväl G som Δv. På G åter inverka fel i bestämningen af gasens tryck och temperatur, men gent emot det direkta felet vid uppmätning af volymen blifva dessa utan betydelse. På Δv inverka först och främst de direkta afläsningsfelen; vidare kunna lätt insmyga sig fel, uppkomna genom att dilatometerns temperatur ej varit exakt 0°. Då man besinnar, att hela dilatometern kan betraktas som en termometer, och till följd af den stora volymen hos dennas "kula", som en ytterst känslig sådan, inses, att den allra största sorgfällighet bör användas vid afläsningarne för att ej genom temperaturens inflytande erhålla oriktiga resultat.

Om man vid första bestämningen uppmätt kvantiteterna G_1 och Δv_1, erhålles ur denna

$$\delta_1 = \frac{\Delta v_1}{G_1}.$$

Om man sedan vid andra bestämningen inför ytterligare gaskvantiteten G_2 och erhåller volymtillökningen Δv_2, samt vid n:te bestämningen har motsvarande kvantiteter G_n och Δv_n, kan man ur dessa uträkna värden på absorptionsdilatationskoefficienten δ_2 och δ_n, antingen så, att man sätter

$$\delta_2 = \frac{\Delta v_2}{G_2} \text{ och } \delta_n = \frac{\Delta v_n}{G_n},$$

ett förfaringssätt, som Ångström användt; eller ock så, att man sätter

$$\delta_2 = \frac{\Delta v_1 + \Delta v_2}{G_1 + G_2} \text{ och } \delta_n = \frac{\sum_1^n \Delta v_n}{\sum_1^n G_n}$$

hvilken beräkningsmetod jag har användt. Ur de enligt första beräkningsgrunden erhållna värdena på δ kan medeltalet beräknas såsom aritmetiska mediet ur desamma, under förutsättning, att de införda gasvolymerna och motsvarande volymtillökningar vid de olika bestämningarne äro hvarandra någorlunda lika. Vid det andra beräkningssättet måste man tilldela de olika värdena på δ olika vikt. Detta har emellertid synts mig vara att föredraga af följande skäl. Dels ha vid mina bestämningar ofta ganska olika gaskvantiteter införts. Dels kan, som jag här nedan skall visa, vid en serie af försök inträffa, att felet i kvantiteten $\sum_1^n \Delta v_n$ är lika stort som felet i Δv_1, under det att vid en annan serie detta ej är fallet. Detta förhållande kommer tydligen att influera på de enskilda bestämningarnes vikt och därmed på det slutliga medelvärdet. Vid den metod att beräkna medelvärdena, som jag användt och för hvilken jag här skall redogöra, synes mig nödig hänsyn vara tagen härtill.

Om före införande af gas i dilatometern summan af kvicksilfvervolymerna i kapillärrören ofvanom skalornas 0-punkter varit v_0, men man i stället afläst kvantiteten $v_0 + dv_0$, samt samma summa efter absorptionen af den vid första bestämningen införda gasen varit v_1 och aflästs $v_1 + dv_1$, är den verkliga volymtillökningen $\Delta v_1 = v_1 - v_0$, under det att man afläst $\Delta v_1 + d\Delta v_1$, där man kan sätta

$$d\Delta v_1 = \pm \sqrt{dv_0^2 + dv_1^2}$$

eller, då dv_0 kan sättas lika med $dv_1 = dv$

$$d\Delta v_1 = \pm dv\sqrt{2}.$$

Införes nu, utan att totala kvicksilfvervolymen i dilatometern ändras, ytterligare gas, och är summan af kvicksilfvervolymerna i kapillärrören ofvan skalornas 0-punkter v_2, under det att volymen $v_2 + dv_2$ afläses, blir totala volymtillökningen $\Delta v_1 + \Delta v_2 = v_2 - v_0$, under det att man afläst densamma med ett fel $d\Sigma\Delta v_2$, som tydligen kan sättas

$$d\Sigma\Delta v_2 = \pm \sqrt{dv_0^2 + dv_2^2}$$

eller, då äfven dv_2 kan sättas lika med dv

$$d\Sigma\Delta v_2 = \pm dv\sqrt{2}.$$

Om under n bestämningar kvicksilfver ej borttagits ur dilatometern, erhålles analogt

$$d\Sigma\Delta v_n = \pm dv\sqrt{2}.$$

Det är med denna kvantitet, som sålunda det aflästa värdet på $\sum_1^n \Delta v_n$ kan afvika från det verkliga.

Skulle kvicksilfver en eller flere gånger under en serie borttagits ur dilatometern, kan detta tydligen med lätthet införas i beräkningen af $d\Sigma\Delta v_n$. I allmänhet har kvicksilfver ej borttagits mellan de olika bestämningarne; där så skett, finnes det vid tabellerna öfver försöksserierna antydt, och vid beräkningarne har hänsyn tagits därtill.

Om man vid första bestämningen infört gaskvantiteten g_1, och därvid uppmätt kvantiteten $g_1 + dg_1$, fås ur denna bestämning

$$\delta_1 + d\delta_1 = \frac{\Delta v_1 \pm \sqrt{2}\, dv}{g_1 \pm dg_1}.$$

Vid andra bestämningen införes gaskvantiteten g_2 och mätes $g_2 \pm dg_2$. Totala införda gaskvantiteten kan då sättas

$$G_2 = g_1 + g_2 \pm \sqrt{dg_1^2 + dg_2^2},$$

ty då här tryck och temperatur sedan förra bestämningen ändrats, hvarförutom i allmänhet under den långa tid, som förflutit mellan de båda bestämningarne, gasvolymen afsevärdt ändrats genom absorption i proppen och möjligen äfven i paraffinoljan, kommer här ej, såsom vid bestämningen af volymtillökningen, någon del af dg_2 att taga ut en del af dg_1. Då vidare dg_1 kan sättas lika med $dg_2 = dg$, blir totala införda gasvolymen lika med $G_2 \pm dg\sqrt{2}$.

Absorptions-dilatationskoefficienten får värdet

$$\delta_2 + d\delta_2 = \frac{\Sigma \Delta v_2 \pm dv\sqrt{2}}{G_2 \pm dg\sqrt{2}}.$$

På samma sätt erhålles för n:te bestämningen:

$$\delta_n \pm d\delta_n = \frac{\Sigma \Delta v_n \pm dv\sqrt{2}}{G_n \pm dg\sqrt{n}},$$

för så vidt kvicksilfver ej borttagits ur dilatometern under de n bestämningarne; eljest analoga uttryck.

Om vi här införa $\delta_n = \frac{\Sigma \Delta v_n}{G_n}$, kan ofvanstående uttryck förenklas. Vi finna, med bortkastande af termer af högre litenhetsordning:

$$\frac{\Sigma \Delta v_n}{G_n} \pm d\delta_n = \frac{\Sigma \Delta v_n}{G_n} \pm \frac{dv}{G_n}\sqrt{2} \mp \frac{\Sigma \Delta v_n\, dg\sqrt{n}}{G_n^2}.$$

Med iakttagande af att dg kan ha motsatt tecken mot dv ger detta

$$d\delta_n = \pm \left(\frac{dv}{G_n} \sqrt{2} + \frac{dg}{G_n^2} \Sigma \Delta v_n \sqrt{n} \right)$$

eller medelst en enkel transformation:

$$d\delta_n = \pm \delta_n \frac{dv \sqrt{2} + \delta_n \sqrt{n}\, dg}{\Sigma \Delta v_n}.$$

Detta uttryck är beroende af n eller bestämningens ordningsnummer, hvilket alltså bevisar, att bestämningarne hafva olika vikt. Kallas denna p, har man

$$p = \text{konst.} \frac{1}{d\delta^2};$$

alltså erhålles medelvärdet ur ekvationen:

$$\delta = \frac{p_1 \delta_1 + p_2 \delta_2 + \cdots + p_n \delta_n}{p_1 + p_2 + \cdots + p_n}.$$

Medelfelet i detta medelvärde är:

$$d\delta = \pm \frac{\sqrt{(p_1 d\delta_1)^2 + (p_2 d\delta_2)^2 + \cdots + (p_n d\delta_n)^2}}{p_1 + p_2 + \cdots + p_n}.$$

Apparaternas beskaffenhet.

Vid min undersökning har jag användt två apparater af förut beskrifven anordning. Jag skall här redogöra för deras dimensioner.

Apparat I. Gasförvaringsröret var försedt med en millimetergradering, och var kalibreradt medelst kvicksilfvers införande med en pipett, hvars volym genom vägning af den kvicksilfvermassa, som rymdes i densamma, blifvit bestämd. Tre försöksserier utfördes härför, och befanns röret därvid ej vara fullt jämntjockt, i det volymen af en skaldel vid olika ställen af röret varierade mellan 143.07 kubikmillimeter och 144.34 kubikmillimeter. Om emellertid vid rörets öfre del volymen af en skaldel sattes = 143.47, vid dess nedre del =

144.34 kubikmillimeter, kommo afvikelserna mellan dessa värden och de observerade att ligga inom observationsfelen. Skaldelarne skattades på tiondelar, hvarföre felet i volymbestämningen (dg) ej bör öfverstiga 30 kubikmillimeter.

Dilatometerns volym uppgick till cirka 95 kubikcentimeter. På densammas kapillärrör hade af den instrumentmakare, som förfärdigat apparaten, uppdragits millimeterskalor. Då dessa kontrollerades med tillhjälp af delningsmaskin, befunnos de emellertid särdeles dåliga. Delstreckens längd varierade nämligen från 0.90 till 1.12 mm. Kalibreringen af rören verkställdes genom införande af en afvägd kvicksilfverkvantitet och uppmätning på delningsmaskin af dennas längd i rören. Dessa befunnos hvar för sig inom de delar, som vid bestämningarne kommo till användning, vara jämntjocka. En millimeter af röret S rymde 0.4624 kubikmillimeter, af röret I 0.4596 kubikmillimeter. Sedan hvarje skaldels längd uppmätts med delningsmaskin, kunde sålunda volymtillökningen erhållas genom afläsningar å kapillärrörens skalor. Vid dessa afläsningar skattades kvicksilfverpelarens läge i rören på tiondels millimeter. Felen i afläsningarne torde dock ej uppgått till detta belopp, utan torde felet i hvarje volymbestämning ej öfverstiga 0.035 kubikmillimeter. Då volymtillökningen erhålles genom 4 dylika afläsningar, kan medelfelet i denna anses ej öfverstiga $0.035\sqrt{4}$ kubikmillimeter eller alltså 0.07 kubikmillimeter.

Apparat II. Gasförvaringsröret var försedt med millimeterskala. Vid kalibreringen, som företogs på samma sätt som vid apparat I, befanns röret ojämt, i det delstreckens volym på olika ställen af detsamma genom tvenne försöksserier visade sig variera mellan 88.5 och 92.9 kubikmillimeter. I värdena förefanns en tydlig gång. Pipettens volym upptog cirka 22 skaldelar. För att eliminera tillfälliga observationsfel, uträknades volymen af en skaldel vid delstrecket n på skalan såsom det aritmetiska mediet af det experimentellt funna värdet på denna volym och motsvarande värden på skaldelarne mellan delstrecken $n - 22$ och $n + 22$. Felet (dg) i volymbestämningen af gasen torde ej ha öfverstigit 20 kubikmillimeter.

Dilatometerns volym var cirka 95 kubikcentimeter. Dess kapillärrör voro försedda med gradering i 0.75 mm. och befunnos vid kalibreringen fullt jämntjocka. I båda rören var volymen af ett delstreck 0.249 kubikmillimeter. Felet i bestämningen af volymtillökningen bör här ej öfverstiga 0.040 kubikmillimeter.

Försöksresultaten.

Enligt den framställda metoden har jag till att börja med bestämt absorptions-dilatationskoefficienten för ammoniak vid absorption i vatten, för svafvelsyrlighet vid absorption i vatten, för metan vid absorption i vatten, etylalkohol och etylæther samt för kväfgas vid absorption i etylalkohol. Jag skall nu meddela de därvid erhållna resultaten.

Ammoniak, absorberad i vatten. Apparat I.

Gasen framställdes genom upphettning af en blandning af 2 delar klorammonium med 1 del kalciumoxid och torkades medelst fast kaliumhydrat. Gasen var i det allra närmaste luftfri. Tabell 1 meddelar resultaten. Första kolumnen utvisar den vid hvarje enskild bestämning införda, till 0° temperatur och 760 mm. tryck reducerade, gasvolymen g, andra kolumnen den totala införda gasvolymen G, tredje kolumnen den vid hvarje enskild bestämning erhållna volymtillökningen Δv, fjärde den totala volymtillökningen $\Sigma\Delta v$, femte absorptions-dilatationskoefficienten $\delta = \frac{\Sigma\Delta v}{G}$, sjätte det på förut angifvet sätt beräknade medelfelet i hvarje enskild bestämning $d\delta$ samt sjunde kolumnen bestämningens vikt p.

Vid dessa bestämningar användes cirka 90 kubikcentimeter vatten. Sålunda erhålles ur desamma absorptions-dilatationskoefficienten blott för låga mättningsgrader. För att erhålla ett värde för högre mättningsgrad, hvilket ej utan allt för stor tidsspillan kunnat ernås genom ytterligare upprepadt införande af gaskvantiteter, företogs en bestämning

af specifika vikten hos en ganska koncentrerad ammoniaklösning. Därvid användes från akademiska apoteket härstädes levererad ren koncentrerad ammoniak. Bestämningen utfördes enligt metoden med sänkkropp. Vid dennas vägning i vatten och i ammoniak höllos dessa vätskor vid 0° temperatur därigenom, att det desamma innehållande kärlets botten och sidor voro omgifna med smältande is, hvarjämte det täcktes med ett annat, äfvenledes med smältande is fylldt kärl, i hvilket var inkittadt ett glasrör för att lämna genomgång för upphängningstråden, som utgjordes af en fin utglödgad platinatråd. Den använda vågens känslighet uppgick till cirka 0.1 mg. Sänkkroppen vägdes i vatten 5 gånger, och befanns därvid den största afvikelsen mellan bestämningarne uppgå till 1 mg. I ammoniaklösningen kunde ej vägningen lämpligen upprepas, då gas i så fall förlorats mellan hvarje vägning, utan måste därvid, så fort tareringen verkställts, kärlet, som innehöll lösningen, genast lufttätt tillslutas medelst en glaspropp. Då största afvikelsen vid sänkkroppens vägning i vatten var en mg., har man alltså att förutsätta ett lika stort fel vid dess vägning i ammoniaklösningen. Lösningens ammoniakhalt bestämdes medelst titrering. Vid bestämningen erhöllos följande resultat:

Sänkkroppens	vikt i luft:	79.6395 gr.	$\pm$ 0.0001
„	„ „ vatten:	13.7552 „	$\pm$ 0.0002
„	„ „ lösningen:	18.5277 „	$\pm$ 0.001.

Härur erhålles ammoniaklösningens specifika vikt vid 0 i förhållande till vatten af 4°:

$$S = 0{,}92754 \pm 0{,}00007.$$

Vid titreringen befanns 1 gr. ammoniaklösning innehålla 0.2122 $\pm$ 0,0002 gr. ammoniak.

Om δ betecknar absorptionsdilatationskoefficienten, S ammoniaklösningens specifika vikt, S_0 vattnets specifika vikt vid 0°, σ den lösta gasens specifika vikt i lösningen och p vikten af ammoniak per gram lösning samt ρ specifika vikten hos ammoniakgas vid 0° temperatur och 760 mm. tryck, gälla ekvationerna:

$$\frac{1}{S} = \frac{1-p}{S_0} + \frac{p}{\sigma}$$

och

$$\delta\sigma = \rho \,.\, 1\,,$$

hvilket ger

$$\delta = \left(\frac{1}{S} - \frac{1-p}{S_0}\right)\frac{\rho}{p} = 0.0010413\,;$$

Genom diskussion af observationsfelens inflytande på detta resultat, kan ett mått på noggrannheten erhållas. Fel, som vidlåda bestämningarne af gasens specifika vikt äfvensom vattnets vid 0°, äro af försvinnande inflytande. Sålunda influera endast fel i kvantiteterna S och p. Vi finna genom partiell differentiation:

$$d\delta_1 = -\frac{1}{S^2}\frac{\rho}{p}\,dS = \pm\, 0.00000029\,;$$

$$d\delta_2 = \left\{\frac{\rho}{p\,S_0} - \left(\frac{1}{S} - \frac{1-p}{S_0}\right)\frac{\rho}{p^2}\right\} dp = 0.00000026.$$

Medelfelet i δ bör då kunna sättas

$$d\delta = \pm\sqrt{d\delta_1{}^2 + d\delta_2{}^2} = \pm\, 0.0000004.$$

Sålunda är för ammoniak, absorberad i vatten, vid hög mättningsgrad,

$$\delta = 0.0010413 \pm 0{,}0000004.$$

Svafvelsyrlighet, absorberad i vatten. Apparat I.

Gasen framställdes ur natriumsulfit genom inverkan af svafvelsyra. Från framställningskärlet leddes gasen, sedan den torkats med klorkalcium, ned i ett glasrör, stående i en köldblandning, hvarvid svafvelsyrligheten kondenserades. Sedan en tillräcklig kvantitet erhållits, fylldes gasförvaringsröret med den afdunstande gasen. Af förut anförda skäl kunde ej denna gas erhållas så luftfri, som eljest i allmänhet var fallet. Luftföroreningen, uppgående till cirka 1 procent, har intet nämnvärdt inflytande på absorptions-dilatationskoefficientens värde, men emedan vattnet i dilatometern absorberade luften ytterst långsamt, kunde

endast korta försöksserier erhållas. För att likväl erhålla tillräckligt noggrant medelvärde, har jag tagit tvenne serier.

För att reducera den uppmätta gasvolymen från rumstemperatur till 0° har jag användt ett värde på utvidgningskoefficienten lika med 0.00390 [1]. För att reducera densamma från förefintligt atmosfärtryck till 760 mm. har Mariotteska lagen tillämpats. Visserligen är denna ej giltig för svafvelsyrlighet vid här ifrågakommande temperaturer, men till följd af de små tryckdifferenser, för hvilka reduktionen skett, torde dock felet härigenom blifva ganska obetydligt. Jag anför i tabell 2 de direkta observationer af volym, tryck och temperatur, som förekommit vid mina mätningar. Första kolumnen angifver den direkt uppmätta volymen v, andra kolumen gasens tryck H, tredje dess temperatur t och fjärde den på ofvan angifvet sätt till 0° och 760 mm. reducerade volymen g.

I tabell 3 äro resultaten af de båda serierna angifna. Första serien omfattar blott en bestämning, den första, den andra två, de båda senare. Beteckningarne äro desamma, som användts vid tabell 1.

Metan, absorberad i vatten, etylalkohol och etyleter. Apparat I.

Gasen framställdes genom upphettning af en blandning af vattenfritt natriumacetat, kaliumhydrat och kalciumoxid och renades med koncentreradt natriumhydrat och fosforsyreanhydrid. Till följd af gasens obetydliga löslighet, isynnerhet i vatten, kunde blott små mängder gas införas, hvilket tydligen försvårade mätningarne. För att trots de små gasvolymerna uppnå någorlunda stor noggrannhet, insattes för dessa bestämningar i den för gasvolymernas afläsning afsedda kikaren en okularskala, hvarigenom afläsningsfelen på gasvolymerna kunde nedbringas till omkring hälften mot förut, eller cirka 15 kubikmillimeter.

[1] Svafvelsyrlighets utvidgningskoefficient är enligt Regnault vid konstant volym = 0.0038453, vid konstant tryck = 0.0039028.

Etylalkoholen var såsom ren levererad af akademiska apoteket härstädes. Etyletern var öfver natrium destillerad eter "pro narcosi" från Annelöfs fabrik. Dylik eter har härstädes blifvit analyserad och befunnen absolut ren.

I tabellerna 4, 5 och 6, hvilka meddela resultaten af mätningarne, äro samma beteckningar som förut använda.

Kväfgas, absorberad i etylalkohol. Apparat II.

Gasen framställdes genom upphettning af i vatten upplöst kaliumnitrit och klorammonium och torkades medelst klorkalcium och fosforsyreanhydrid. Resultaten meddelas i tabell 7.

Som jag i det föregående redan omnämt, har Ångström ådagalagt, att absorptions-dilatationskoefficienten icke undergår någon märkbar förändring, vare sig gasen absorberas af en gasfri vätska eller af vätska, som har löst någon kvantitet af en annan gas. Han påvisade detta genom att införa kolsyra i alkohol innehållande vätgas och genom att införa vätgas i eter, innehållande kolsyra. I intetdera fallet undergick absorptions-dilatationskoefficienten någon märkbar ändring.

Det har synts mig kunna vara af intresse att underkasta denna lag en ytterligare pröfning. För detta ändamål utförde jag följande försök. Först infördes kolsyra i alkohol och absorptions-dilatationskoefficienten bestämdes. I denna lösning infördes kväfgas, och dettas koefficient bestämdes. I lösningen, som sålunda innehöll såväl kolsyra som kväfgas, infördes ytterligare kolsyra, och absorptions-dilatationskoefficienten för denna gas vid absorption i ifrågavarande lösning bestämdes. En eventuell afvikelse hos denna värde i jämförelse med det förut funna bör här med stor skärpa kunna iakttagas, då bestämningarne skett med samma apparat och samma försöksvätska.

Kolsyran framställdes nu, liksom alltid i det följande, då jag arbetat med denna gas, genom utspädd klorvätesyras inverkan på marmor och utvecklades i en Nordblads gasutvecklingsapparat och renades genom koncentrerad svafvelsyra, klor-

kalcium och fosforsyreanhydrid. Då vid ett tillfälle prof på klor anställdes, kunde ej ringaste spår häraf upptäckas. (Den använda klorvätesyran var utspädd med cirka 10 till 12 delar vatten). Gasens luftförorening var ytterst obetydlig.

Vid bestämningen användes apparat I. Resultaten synas i tabellerna 8, 9 och 10.

Såsom jag i det föregående nämnt, har jag äfven bestämt absorptions-dilatationskoefficienten för en gas, som absorberas i vätskeblandningar. Jag har därvid valt blandningar af vatten och alkohol, hvilka fingo absorbera kolsyra. Det har synts mig lämpligt att välja dessa vätskor, emedan för blandningar af desamma föreligga flere undersökningar beträffande andra fysikaliska egenskaper, än mig veterligt förefinnas för några andra vätskors blandningar. Kolsyra syntes mig vara den lämpligaste gasen, dels då den till följd af sin stora löslighet tillät noggrannare mätningar än de mindre absorberbara gaserna, ett förhållande af stor vikt, då det gäller att undersöka ändringar i en så liten och svårmätbar kvantitet, som absorptions-dilatationskoefficienten; dels emedan för denna gas i just alkohol-vattenblandningar absorptionskoefficienten och dess variationer med procenthalten blifvit bestämda af Lubarsch[1] och O. Müller[2].

Vid dessa försök urkoktes antingen vätskorna hvar och en för sig och blandades väl genom omskakning, eller urkoktes blandningen, hvarvid de bildade ångorna kondenserades medelst en "Rückflusskühler". Det är särdeles viktigt, att vätskorna mycket väl blandas, då eljest genom koncentrationsändringar i dilatometern volymändringar inträda, vida öfverstigande ändringarne genom gasens absorption.

Då den sålunda urkokta och omskakade blandningen i varmt tillstånd införes i dilatometern genom att luften i denna förtunnas, kvarstår den faran, att de först inkomna vätskedelarne, som sålunda under längre tid utsättas för afdunstning i luftförtunnadt rum, skulle blifva alkoholfattigare än de sist

[1] Ann. der Phys. u. Chem. Neue Folge. B. 37. p. 524. 1889.
[2] Ann. der Phys. u. Chem. Neue Folge. B. 37. p. 24. 1889.

inkomna, och att sålunda likväl koncentrationsändringar skulle uppstå. Det var därföre vid dessa försök nödigt, att, sedan dilatometern inpackats i smältande is, under ganska lång tid, 2 à 3 dygn, observera kvicksilfverpelarnes läge i kapillärrören, för att öfvertyga sig om, att inga volymändringar af nämnda anledning förekommo, samt först därefter införa gas.

För bestämning af blandningarnes procenthalt aflägsnades dessa ur dilatometern ej genom desammas utsugande, utan genom att anbringa ett öfvertryck vid dilatometerns ena mynning och därigenom pressa dem ut ur den andra. Därefter bestämdes blandningens specifika vikt, hvarvid användes en något modifierad form af Sprengels pyknometer, hvars närmare beskrifning dock ej torde vara af något intresse. Då så visade sig erforderligt, anbragtes alltid korrektion i den specifika vikten för genom gasabsorptionen förorsakade täthetsändringar. I regeln var dock alltför obetydlig gasmängd absorberad för att göra denna korrektion nödig. Ur tabeller, utvisande sambandet mellan alkohol-vattenlösningars specifika vikt och procenthalt, hvilka finnas i Landolt u. Börnstein, Phys.-chem. Tabellen, 1894, erhölls därefter procenthalten, hvilken kunde bestämmas på cirka 0.05 % när. Tabellerna 11, 12, 13 och 14 utvisa mätningarnes resultat. Procenthalten angifver antalet viktsdelar alkohol på 100 viktsdelar lösning.

Slutligen företogs en bestämning af absorptions-dilatationskoefficienten för kolsyra, absorberad i vatten. De i det föregående omnämnda bestämningarne häraf hafva nämligen lämnat ganska olika resultat, hvarföre en kontrollbestämning kunde vara nödig, i synnerhet som ett noggrant värde på denna kvantitet är behöflig för jämförelse med alkohol-vattenlösningarnes absorptions-dilatationskoefficienter. Jag har utfört tvenne försöksserier med användande af båda mina apparater. Resultaten meddelas i tabellerna 15 och 16.

Diskussion af de experimentella resultaten.

Rörande noggrannheten af samtliga förestående bestämningar af absorptions-dilatationskoefficienten för de använda

gaserna och vätskorna bör först framhållas, att i ett par enstaka fall de enskilda bestämningarne inom sina felgränser ej falla inom medelvärdets osäkerhetsgebiet. Detta torde bero på tillfälliga fel, såsom en större temperaturvariation hos gasen under bestämningen eller dylikt. I de allra flesta fall synas emellertid felgränserna, att döma af resultaten, vara betydligt för stora. Men på grund af möjligheten af dylika tillfälliga fel har jag dock velat bibehålla dem vid ofvan angifna valörer. I alla de fall, där en någorlunda stor gaskvantitet kunnat införas i vätskan, torde noggrannheten vara ganska tillfredsställande.

Genom att bestämningen för kolsyra, absorberad i vatten, utfördes med båda apparaterna, kan man äfven få en föreställning om möjligen ingående konstanta fel genom oriktig kalibrering. Osäkerhetsgebieten för de båda värdena täcka delvis hvarandra; dock antyda de båda serierna förekomsten af kalibreringsfel, men med all sannolikhet äro dessa mycket obetydliga, och deras inflytande på absorptionsdilatationskoefficientens osäkerhet torde falla inom de för värdena på denna angifna felgränserna. Den i hvardera serien förekommande särdeles goda öfverensstämmelsen mellan de olika värdena kan nämligen, i betraktande af fåtalet mätningar i hvarje serie, äfven tillskrifvas en tillfällighet.

Vid en jämförelse mellan mina värden å absorptionsdilationskoefficienten och öfriga bestämningar, som finnas öfver motsvarande kvantitet, äfvensom de värden, som ur specifika vikt-bestämningar kunna beräknas, hvilken jag nu skall utföra, anser jag mig kunna förbigå en del af resultaten af de äldre mätningarne, hvilka ej torde vara af den noggrannhet, att de här kunna vara af något större intresse.

Ammoniak, absorberad i vatten. Enligt äldre bestämningar erhålles vid mättning $\delta = 0.000077$ [1]; vid hvilken temperatur detta värde gäller, är ej meddeladt.

Ur Carius' bestämningar af ammoniaklösningars specifika vikt vid olika procenthalt har jag beräknat absorptions-dilatationskoefficienten δ. Tabellen 17 utvisar de härvid erhållna

[1] Se K. Ångström, Öfvers. af Kongl. Vet. Ak. förh. 1881. N:o 6 p. 45.

värdena. I första kolumnen finnes angifven procenthalten p, andra kolumnen innehåller motsvarande värden på δ. Dessa gälla för en temperatur af 14° C.

Ur liknande bestämningar af Lunge och Wiernik har jag äfvenledes uträknat absorptions-dilatationskoefficienten. Dessa värden gälla vid 15° C, och äro meddelade i tabell 18.

De af mig erhållna värdena äro:

vid stark förtunning $\delta = 0.0010728 \pm 0.0000010$

vid 21.22-procentig lösning $\delta = 0.0010413 \pm 0.0000004$.

Detta vid 0° temperatur.

Som synes, är med hänsyn till olikheten i temperatur öfverenstämmelsen mellan mina värden och de ur Carius' samt Lunges och Wierniks mätningar erhållna värdena, ganska god.

Svafvelsyrlighet, absorberad i vatten. Enligt en äldre bestämning är vid mättning $\delta = 0.000091$ [1]; äfven här saknas uppgift om temperaturen.

Enligt bestämningar af specifika vikten hos svafvelsyrlighetslösningar i vatten, utförda af Giles och Schearer, beräknas följande, i tabell 19 angifna värden på δ, gällande för 15°.5 C.

Det af mig erhållna värdet vid låg koncentration är

$\delta = 0.000856 \pm 0.000003$. Temperatur 0°.

Detta värde skiljer sig i hög grad från de ur specifika viktbestämningarne beräknade. Olikheten i temperatur kan ej, under förutsättning af, att ett rent absorptionsfenomen här förelåge, förklara denna olikhet, då variationerna i absorptions-dilatationskoefficienten med temperaturen äro ganska små. Att antaga, det afvikelsen skulle bero på den lätt kondencerbara gasens reduktion till 0° torde ej heller vara tillfredsställande. Emellertid är det högst sannolikt, att man här ej har att göra med ett rent absorptionsfenomen, utan att här inträda kemiska verkningar mellan gasen och lösningsmedlet. Afvenledes är det sannolikt, att denna inverkan är beroende på temperaturen, äfvensom att densamma utöfvar inflytande på volymändringarne. I så fall förklaras den påfallande olikheten af absorptions-dilatationskoefficienten vid olika temperaturer.

[1] Se nyss citerade afhandling.

Kolsyra, absorberad i alkohol. Absorptions-dilatationskoefficienten är bestämd af Ångström enligt samma metod, som den här anförda. Hans värde är

$$\delta = 0.00185.$$

Mitt värde är

$$\delta = 0.001849 \pm 0.000007.$$

Här föreligger alltså en fullständig öfverensstämmelse.

Kolsyra, absorberad i vatten. För detta fall föreligga många bestämningar. Olika författare erhålla följande värden på absorptions-dilatationskoefficienten.

	δ	Temperatur
Bergman	0.00175	2°.
Wroblewski	0.00206	9°—12°.
Mackenzie och Nickols	0.00130	2°.
	0.00138	18°.
Bellati och Lussana	0.00152	10°.752.
	0.00153	12°.675.
	0.00156	22°.169.
Blümcke	0.00154	18°—20°.
	0.00152	2°— 5°.
Ångström	0.00125	0°.
Mitt värde är	0.001518	0°.

Bortser man man från de äldre bestämningarne såsom mindre noggranna och endast fäster sig vid de nyare, finner man en god öfverensstämmelse mellan mitt värde och Bellati's och Lussana's samt Blümckes, under det att en stor olikhet förefinnes mellan detta och Ångströms. Dennes bestämning utfördes visserligen enligt hans första metod, hvilken ej tillåter samma noggrannhet, som den senare, men likväl kan ej afvikelsen på långt när förklaras såsom observationsfel. En närmare undersökning af den af Ångström angifna tabellen ger emellertid vid handen en ganska enkel förklaringsgrund. I denna, som jag här delvis meddelar, ha y, G, Δv och δ samma betydelse, som i mina förut angifna tabeller[1].

[1] Se K. Ångström, öfvers. af Kongl. Vet. Ak. förh. 1881 N:o 6, sid. 43. Af tabellen framgår ett annat medelvärde på δ än det här angifna 0.00125. Emellertid angifver Å. sid. 45 0.00125 som det slutgiltiga värdet.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ
992.3	992.3	1.215	1.215	0,00123
390.0	1382.3	0.585	1.800	0.00130

Bortser man från den första bestämningen och uträknar värdet på δ endast ur den sista, finner man

$$\delta = 0.00150$$

Som af tabellen framgår, är det särdeles små gaskvantiteter, som blifvit införda i den i en dilatometer af glas inneslutna vätskan. Nu löser, som bekant, i glaskärl förvaradt vatten ur detta alkaliska beståndsdelar. W. Palmér[1] uppgifver, att 1 liter vatten, ett par timmar förvaradt i glaskärl, upplöser 0.0008 gram fasta ämnen ur glaset. Tager man hänsyn till, att vattnet vid Ångströms bestämning fått stå flere dagar i glaskärl, äfvensom den obetydliga gaskvantitet, som infördes i dilatometern, synes det mig mycket sannolikt, att det låga värde på absorptions-dilatationskoefficienten, som erhålles ur den första bestämningen, kan förklaras beroende på, att en del af den införda kolsyran ingick kemisk förening med de upplösta alkalierna. Sedan dessa blifvit sålunda neutraliserade och ytterligare en kvantitet kolsyra införts, erhålles en volymtillökning, motsvarande en absorptions-dilatationskoefficient, som väl stämmer med de af Bellati och Lussana, Blümcke och mig funna värdena.

Något, som ytterligare talar för riktigheten af denna förklaringsgrund är, att om man löser en obetydlig kvantitet natrium- eller kalium-karbonat i vatten, dettas volym, i stället för att ökas, tvärt om blir mindre än den förutvarande, hvilket framgår af bestämningar öfver dylika lösningars specifika vikt.

Om alltså de ur glaset i vatten lösta beståndsdelarne verkligen skulle märkbart kunna influera på i vattnet införd kolsyra, vore detta ett förhållande, som vid åtskilliga fall kunde vara af vikt att taga hänsyn till; på denna grund har jag trott, att det kunde vara af intresse att söka närmare ut-

[1] Öfvers. af Kongl. Vet. Ak. förh. 1897. N:o 1 p. 22.

reda detta, hvarföre jag anställde följande försök. Jag lät dilatometern, fylld med väl urkokt vatten, stå cirka 10 dygn, hvarpå jag införde en relativt liten kvantitet kolsyra och bestämde absorptions-dilationskoefficienten. Ur denna bestämning borde då ett för lågt värde erhållas. Därpå utfördes ytterligare några bestämningar. Då de ur glaset lösta alkalika ämnena nu borde vara neutraliserade af den förut införda gaskvantiteten, borde dessa bestämningar lämna det förut erhållna värdet på koefficienten. Tabell 20 visar resultaten.

Ur de tre sista bestämningarne erhålles som medelvärde:

$$\delta = 0.001527.$$

Häraf synes att dessa bestämningar ge ett inom observationsfelen med det förut erhållna öfverensstämmande värde, under det att den första införda gaskvantiteten ger en vida mindre volymtillökning. Detta synes mig bevisa riktigheten af föregående resonnemang.

Efter denna diskussion af resultatens noggrannhet vill jag nu tillse huru resultaten af föregående bestämningar ställa sig till de lagar, som angifvits för vätskornas volymändringar genom observation af gaser.

Hvad då först beträffar volymtillökningens proportionalitet till den införda gaskvantiten, finna vi, om vi betrakta värdena för ammoniak, absorberad i vatten, tabell 1, att variationerna i absorptions-dilationskoefficienten äro helt och hållet oregelmässiga. Då alltså här ej förefinnes någon gång i värdena, visar detta, att vid låga mättningsgrader dylik proportionalitet äger rum.

För att undersöka, huruvida lagen äfven äger sin giltighet} för vätskeblandningar, utfördes en ganska lång försöksserie med vatten-alkohollösning nummer 1, tabell 11. Äfven här saknas tydligen gång, hvarföre lagen om volymtillökningens proportionalitet mot den absorberade gasvolymen kan betraktas som verifierad, då den absorberade gasmängden ej öfverstiger cirka 2 gånger vätskans volym.

Annorlunda ställer sig saken, om man går till mycket höga mättningsgrader. Vid låg mättning fanns för ammoniak

$$\delta = 0.0010728 \pm 0.0000010;$$

vid stark koncentration (21.22-procentig lösning)

$$\delta = 0.0010413 \pm 0.0000004.$$

Här föreligger tydligen en faktisk skillnad. Samma förhållande framgår äfven ur specifika-viktbestämningarne, där gången hos värdena på δ är i ögonen fallande.

Att sålunda förutnämnda lags giltighet upphör vid stark absorption framgår äfven af Blümckes mätningar. Till samma resultat kommer man äfven, om man ur de förut omnämnda bestämningarne af specifika vikten för bromväte-, jodväte- och klorvätelösningar uträknar värdena på absorptions-dilatationskoefficienten δ vid olika procenthalt. Tabellerna angifva värdena å δ, p betyder liksom i det föregående viktsprocent gas i lösningen.

Af tabellerna synes, att vid alla tre gaserna δ vid tilltagande koncentration först stiger; vid klorväte fortfar denna stigning alltjämt, under det att man vid bromväte- och jodvätelösningarne kan spåra ett maximum, hvarpå följer ett svagt aftagande.

Äfven för svafvelsyrlighet (se tabell 19) finna vi ett dylikt stigande i δ-värdena med koncentrationen. Ammoniak är den enda af här behandlade gaser, där δ aftar med stigande koncentration.

Enligt Blümckes bestämningar ökas δ med stigande koncentration äfven för kolsyra (vid hög mättning).

Vi skola nu öfvergå till lagen om absorptions-dilatationskoefficientens oberoende af i vätskan förut absorberad gas. Vid de försök, som i detta afseende anställdes med kolsyra och kväfgas erhöllos följande resultat (se tabellerna 7, 8, 9 och 10):

Kväfgas, absorberad i alkohol . . . $\delta = 0.001855 \pm 0.000007$
Kväfgas, absorberad i alkohol, innehållande 17910 mm³ kolsyra . . $\delta = 0.001836 + 0.000010$
Kolsyra, absorberad i alkohol . . . $\delta = 0.001849 + 0.000007$
Kolsyra, absorberad i alkohol, innehållande 17910 mm³ kolsyra och 14820 mm³ kväfgas . . . . . $\delta = 0.001824 \pm 0.000002.$

Af dessa värden framgår, att skillnaden mellan de funna värdena på δ för kväfgas, absorberad i alkohol och δ för kväfgas, absorberad i alkohol, som förut löst en kvantitet kolsyra, är så obetydlig, att det ej kan afgöras, huruvida en faktisk skillnad förefinnes eller den af försöken erhållna olikheten är beroende af observationsfel. Beträffande kolsyra angifva försöken en olikhet i värdena, som med den använda försöksanordningen näppeligen kan anses beroende på observationsfel. Då vid försöken cirka 80 kubikcentimeter vätska användes, är vidare lösningen tillräckligt utspädd för att proportionalitetslagen skall gälla. Olikheten torde alltså böra tillskrifvas inflytandet af den förut absorberade kväfgasen. Emellertid synes af försöken, att olikheten är ytterst liten, föga öfverstigande 1 procent, hvarför den af Ångström angifna lagen kan sägas vara af försöken bekräftad såsom giltig med mycket god approximation.

Jag har i det föregående anfört den approximativa lagen, att förhållandet mellan tvenne gasers absorptions-dilatationskoefficienter är oberoende af den absorberande vätskans natur. Jag skall i tabell 24 sammanföra alla de värden på absorptions-dilatationskoefficienter för olika gaser, absorberade i skilda vätskor, som kunde användas för kontrollering af denna lag. De med * utmärkta härleda sig från Ångströms bestämningar, de med ** från Bellati's och Lussana's. Dessa sistnämnda hänföra sig till en temperatur af omkring 10° C.

Af tabellen torde framgå, att ej oväsentligt afvikande värden förekomma. Afvikelserna äro dock störst för vatten, där äfven osäkerheten i värdena är störst, hvarför några bestämda slutsatser ur det i detta afseende alltför obetydliga observationsmaterialet ej kunna dragas.

Som jag förut omnämnt, har Ostwald sammanställt värdena på absorptions-dilatationskoefficienten med de enligt Clausius formel beräknade värdena på molekylarvolymen för gaserna, och finner därvid samma gång i värdena, äfvensom ungefärligen samma storlek. Jag vill här med användande af det något ökade observationsmaterialet anställa en liknande jämförelse. Tyvärr är jag i saknad af uppgift å på ofvan angifvet

sätt beräknad molekylarvolym för andra i fråga om absorptions-dilatationskoefficienten undersökta gaser än nedanstående:

	Molekylarvolym (μ)	Abs.-dil.-koeff. (δ)	$\frac{\mu}{\delta}$
Syrgas	0.000890	0.00115	0.77
Kväfgas	0.001359	0.00145	0.94
Vätgas	0.000887	0.00106	0.84
Kolsyra	0.000866	0.001518	0.57
Metan	0.001091	0.00212	0.51

En blick på förhållandet $\frac{\mu}{\delta}$ visar, att i hvarje fall molekylarvolymen och absorptions-dilatationskoefficienten ej synas stå i någon enkel relation till hvarandra.

Mina bestämningar af absorptions-dilatationskoefficienten för vatten-etylalkoholösningar och kolsyra lämna följande värden på δ:

Viktsprocent alkohol.	δ
0	0.001518
10.10	0.00148
29.35	0.001456
40.20	0.00157
85.75	0.001756
100.00	0.001849

Häraf synes, att absorptions-dilatationskoefficienten ej kan liniärt beräknas ur vattnets och alkoholens δ-värden, utan att i stället för en del procentvärden δ blir mindre än värdena på δ för såväl vatten som alkohol. Bestämningarne angifva ett minimum vid 30 %.

Motsvarande egendomlighet visa vatten-alkohollösningar i flere andra afseenden. O. Müller [1] har bestämt absorptionskoefficienten för kolsyra i dylika blandningar och funnit ett minimum för denna vid 28 % à 30 %. Till samma resultat har Lubarsch [2] kommit.

[1] Ann. der Phys. u. Chem. B. 37. p. 24. 1889.

[2] Ann. der Phys. u. Chem. B. 37. pag. 524. 1889.

Dupré och Page[1] ha underkastat dylika lösningar en omfattande undersökning. De finna bland annat för kompressibiliteten hos dylika lösningar ett minimum vid 30 %. För åtskilliga fysikaliska egenskaper hos dem ha de särskildt studerat afvikelserna mellan de observerade värdena och de ur beståndsdelarnes motsvarande värden och procenthalten liniärt beräknade värdena. De finna denna afvikelse för specifikt värme och blandningsvärme ha ett maximum vid 30 %, så, att de observerade värdena äro större än de beräknade. Kokpunkt och kapillaritet visa maximum af afvikelse vid 30 %, så, att de observerade värdena äro mindre än de beräknade; samma gäller för ångtensionen. Dilatationen har en maximiafvikelse vid 40 %. De observerade värdena äro större än de beräknade. Kompressibiliteten har maximiafvikelse vid 40 %: de observerade värdena äro mindre än de beräknade. Specifik vikt och brytningsindex ha maximiafvikelse vid 45 %. Dupré och Page inlåta sig ej på någon teoretisk behandling af dessa egendomligheter, men anföra, att en lösning af 30 % alkoholhalt i det allra närmaste motsvarar en sammansättning

$$C_2 H_6 0 + 6 H_2 0,$$

en lösning af 45 % alkoholhalt en sammansättning

$$C_2 H_6 0 + 3 H_2 0.$$

II. Bestämning af specifika vikten hos lösningar af vätskor i vätskor.

Som jag i inledningen nämnt, har jag för ett antal vätskelösningar bestämt specifika vikten vid varierande procenthalt af de ingående vätskorna. Procenthalten hos lösningarne bestämdes på följande sätt: I ett blandningskärl med väl inslipad glaspropp infördes af den ena vätskan eller af en lösning af känd procenthalt en kvantitet, hvilken uppvägdes. Därefter

[1] Pogg. Ann. Ergbd 5. p. 221. 1871.

infördes i kärlet en lämplig kvantitet af den andra i lösningen ingående vätskan, och det hela vägdes ånyo. Härur kan procenthalten erhållas. Då de undersökta vätskorna samtliga äro ganska flyktiga kan procenthalten ej anses säker mer än på 0.05 i procenttalet.

Specifika vikten bestämdes medelst en Sprengels pyknometer med inslipade glasproppar, rymmande cirka 20 kubikcentimeter vätska; dennas ena kapillärrör var försedt med en utblåst kula för att tillåta vätskans utvidgning vid temperaturhöjningar. Dennas väggar torkades efter pyknometerns fyllande genom införande i densamma af ett i förbindelse med en vattensug stående fint kapillärrör. För att förekomma för stora fel i procenthalten genom koncentrationsändringar under pyknometerns fyllande, skedde detta ej genom lösningens insugande i pyknometern, utan genom att utifrån utsätta lösningen för ett svagt öfvertryck, som pressade densamma in i pyknometern.

Specifika vikten vid en temperatur af 15° bestämdes. Temperaturen reglerades medelst vattenbad och med tillhjälp af en termometer, delad i halfva grader.

Lösningarne få förutsättas vara mättade med absorberad luft. Detta kan inverka på specifika vikten, men i saknad af kännedom om absorptionskoefficientens storlek har jag ej kunnat taga hänsyn härtill, hvilket ock torde vara öfverflödigt, då mina värden ej äro noggranna på mer än cirka 0.03 procent när.

De vätskor, hvilkas binära lösningar i hvarandra undersöktes, voro etylalkohol, metylalkohol, etyleter, benzol och kloroform. Samtliga levererades af C. A. T. Kahlbaum, Berlin. Om benzolen uppgafs, att den var "cryst. thiophenfrei", om etyletern, att den var "über Natrium destillirt", om etylalkoholen, att den höll 99.8 procent alkohol.

Resultaten framgå af tabellerna 25—33, där i första kolumnen under p finnes angifvet viktsprocenten af den med II betecknade i lösningen ingående vätskan, i andra kolumnen under S lösningens specifika vikt vid 15° i förhållande till vatten af 15°.

III. Teoretisk behandling.

Såsom jag i inledningen antydt, har jag sökt att på teoretisk väg finna en förklaring öfver de volymändringar, som uppkomma, då tvenne ämnen bilda en lösning. Jag har därvid utgått från den VAN DER WAALS'ska uppfattningen angående vätskornas molekylära tillstånd, hvarjämte jag förutsätter, att de i lösningen ingående ämnena icke eller blott obetydligt kemiskt inverka på hvarandra, i hvilket fall volymändringarne åtminstone till största delen böra bero på fysikaliska inverkningar.

Då två ideella gaser vid konstant och lika temperatur bilda en lösning, beror dennas volym på dess tryck äfvensom beståndsdelarnes ursprungliga volym och tryck. För detta fall är relationen mellan dessa kvantiteter känd. Kunna vi nu uppfatta vätskorna som molekylsamlingar, underkastade ett högt tryck, bör vid lösningar af gaser i vätskor och vätskor i vätskor äfvenledes lösningens volym vara beroende på beståndsdelarnes volym och molekylära tryck samt på det molekylära trycket i lösningen. Förekommer ingen kemisk förändring, böra äfven här förestående omständigheter vara de enda influerande, allt under förutsättning, att temperaturen är lika och konstant. Jag har sökt pröfva, huruvida så är förhållandet äfvensom finna den funktionsform, som förenar dessa kvantiteter.

Då jag härvid kommer att i ett sammanhang behandla lösningar af gaser i vätskor och af vätskor i vätskor, har jag sökt att beträffande volymändringarne vid de senare lösningarne finna ett uttryck, analogt med absorptions-dilatationskoefficienten för lösningar af gaser i vätskor, hvilken gör observationsmaterialet särdeles öfverskådligt.

Om volymen v af en vätska absorberar n volymsenheter af en gas, tagen vid 0° temperatur och 1 atmosfärs tryck, blir den sålunda uppkomna lösningens volym lika med $v + n\,\delta$, då δ är absorptions-dilatationskoefficienten.

Låt ifrågavarande lösning ha specifika vikten s, vätskan ha specifika vikten s_1, gasen *före* absorptionen ha specifika

vikten $S_2 = \frac{m_2 h}{2}$, då m_2 är molekylarvikten och h är vätgasens specifika vikt vid 0° och 760 mm. samt slutligen σ_2 vara specifika vikten hos gasen, sedan dess volym per volymsenhet vid 0° och 760 mm. reducerats till en volym = δ. Tydligen blir då, om lösningen innehåller p viktsprocent gas och $100 - p$ viktsprocent vätska:

$$\frac{100}{s} = \frac{100 - p}{s_1} + \frac{p}{\sigma_2};$$

samt:

$$\sigma_2 \delta = S_2 = \frac{m_2 h}{2};$$

Genom elimination af σ_2 erhålles:

$$\delta = \frac{m_2 h}{2 p}\left(\frac{100}{s} - \frac{100 - p}{s_1}\right); \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

Antag nu, att vi, i stället för en vätska och en gas, ha två vätskor, I och II, som bilda en lösning. På denna kan man tillämpa ekvationen (1) och får därigenom en kvantitet δ definierad, hvilken jag vill kalla för "lösningsdilatationskoefficient". Denna är fullt analog med absorptions-dilatationskoefficienten, ehuru den ej, såsom denna, kan tilläggas någon egentlig fysikalisk betydelse [1].

Såväl i fråga om gaser som vätskor varierar δ något med procenthalten. För att utmärka, att så är fallet, inför jag en funktionsbeteckning på densamma. Då vi öfverallt för det i lösningen ingående ämnet I ha med *1* indicerade beteckningar å de ingående kvantiteterna, för ämnet II med *2* indicerade, för lösningen själf oindicerade samt i ekv. (1) δ tydligen har afseende å ämnet II, sätter jag $\delta = f_2(p)$;

$$\therefore f_2(p) = \frac{m_2 h}{2 p}\left(\frac{100}{s} - \frac{100 - p}{s_1}\right); \quad \ldots\ldots (1')$$

[1] Man skulle möjligen kunna definiera densamma såsom den volym, till hvilken volymenheten af ämnet, tänkt som gas vid 0° och 760 mm., reducerades i och med lösningen i det andra ämnet.

$\frac{2\,p\,f_2(p)}{m_2 h}$ blir tydligen den volym, ämnet II intager i den p-procentiska lösningen *under förutsättning, att ämnets* I *volym är oförändrad.* Om vi i stället betrakta ämnets II volym såsom oförändrad (detta närmast beträffande lösningar af vätskor i vätskor; samma betraktelsesätt kan tillämpas på lösningar af gaser i vätskor endast under förutsättning, att gasen är komprimerad så starkt, att dess täthet blir af samma storhetsordning som vätskans) kunna vi i stället beräkna lösningsdilatationskoefficienten för ämnet I. Med fullt analogt beteckningssätt som förut erhålla vi då (enär lösningen är $(100 - p)$-procentig med hänsyn till ämnet I):

$$f_1(100 - p) = \frac{m_1 h}{2(100 - p)}\left(\frac{100}{s} - \frac{p}{s_2}\right); \quad \ldots \quad (2)$$

Med kännedom om vätskelösningars och de i desamma ingående vätskornas specifika vikt kan man alltså uträkna värdet å $f_2(p)$ och $f_1(100 - p)$. Jag skall i tabellerna 25—37 anföra dessa värden för en del dylika vätskelösningar, då ur dessa värden en för det följande viktig slutsats kan dragas.

Tabellernas första kolumn upptager viktsprocenthalten p, den tredje kolumnen från slutet $f_2(p)$, den andra från slutet $f_1(100 - p)$ och den sista $f_2(p) + f_1(100 - p)$. Värdena gälla vid en temperatur af 15°.

Af sista kolumnen i alla tabellerna synes, att man med god approximation *kan sätta* $f_2(p) + f_1(100 - p)$ *lika med en konstant* (afvikelserna mellan största och minsta värdena äro blott cirka 2 %). Detta framgår ej ur de $f_2(p)$ och $f_1(100 - p)$ definierande formlerna, utan måse vara en för ifrågavarande kvantiteter karaktäristisk egenskap.

Jag skall nu söka deducera uttryck för $f_2(p)$ och $f_1(100 - p)$ under följande förutsättningar:

a) Volymändringarne skola vara uteslutande beroende på de i lösningen ingående ämnenas rent fysikaliska egenskaper.

b) Ämnenas molekyler äro såväl före som efter lösningens åstadkommande underkastade vissa tryck; med bibehållande

af det använda indiceringssystemet kalla vi dessa för ämnet I A_1, för ämnet II A_2 och för lösningen A.

c) Trycken A_1, A_2 och A, hvilka kunna vara såväl yttre som förorsakade af de molekylära krafterna, böra vara så beskaffade, att det finnes en kvantitet $\varkappa = -\frac{1}{v}\frac{dv}{dA}$ (v = volymen, A = trycket) som inom de resp. gränserna A_1 till A och A_2 till A är konstant, eller åtminstone kan angifvas i ett inom dessa gränser giltigt medelvärde.

För deduktionen får jag införa ytterligare en beteckning. Vi ha vid definitionen af kvantiteterna $f_1(100-p)$ och $f_2(p)$ uppfattat volymändringarne så, att det ena ämnets volym hölls oförändrad. I själfva verket kan man ej tänka sig, att förloppet är sådant, utan bör man uppfatta den slutliga volymändringen såsom resultatet af en dylik förändring hos *båda* de i lösningen ingående ämnena. Tages hänsyn härtill, kunna vi erhålla tvenne, med $f_2(p)$ och $f_1(100-p)$ analoga kvantiteter $\varphi_2(p)$ och $\varphi_1(100-p)$, hvilka alltså definieras genom följande ekvationer, där ω_1 och ω_2 beteckna de specifika vikter, med hvilka ämnena I och II i själfva verket ingå i lösningen:

$$\varphi_2(p)\,\omega_2 = \frac{m_2 h}{2}; \quad \varphi_1(100-p)\,\omega_1 = \frac{m_1 h}{2};$$

eller, om man med v_1 och v_2 betecknar de volymer, hvilka ämnena upptaga i lösningen:

$$v_2 = \frac{2\,p\,\varphi_2(p)}{m_2 h}; \quad v_1 = \frac{2\,(100-p)\,\varphi_1(100-p)}{m_1 h};$$

Vi skola nu öfvergå till själfva deduktionen. Antag, att vi i en cylinder af oföränderlig genomskärningsarea, för enkelhets skull satt lika med ytenheten, ha $100-p$ viktsdelar af ämnet I och p viktsdelar af ämnet II; dessa upptaga längderna a_1 och a_2 i cylindern. I åverkas af trycket A_1 och II af A_2.

Vi erhålla

$$a_1 = \frac{100-p}{s_1}; \quad a_2 = \frac{p}{s_2};$$

Om ämnena få bilda en lösning, blir denna åverkad af ett tryck A och kommer att upptaga längden a.

För detta fall erhålles:

$$a = \frac{100}{s};$$

Komprimera, då ämnena äro åtskilda, I med en kraft M_1, II med en kraft M_2 (dessa krafter kunna, en eller båda, tänkas negativa). Ämnena komma därvid att upptaga de resp. längderna c_1 och c_2.

Lätt erhålles:

$$c_1 = a_1 (1 - M_1 \varkappa_1); \quad c_2 = a_2 (1 - M_2 \varkappa_2);$$

Välj nu M_1 och M_2 så, att volymerna af I och II bli desamma, med hvilka de ingå i lösningen (då denna ej är underkastad något yttre tryck). Då är:

$$c_1 + c_2 = a;$$

samt, enligt det förut framhållna:

$$c_1 = \frac{2 (100 - p)}{m_1 h} \varphi_1 (100 - p);$$

$$c_2 = \frac{2 p}{m_2 h} \varphi_2 (p);$$

Man må nu tänka sig ämnena utan någon volymändring uppdelade i lika många oändligt tunna skifvor, och dessa lagda parvis; härigenom erhålles lösningen: samtidigt skola de yttre krafterna upphöra. Härvid skall enligt det sagda ingen volymändring äga rum; då får ej heller någon tryckändring inträffa, utan hvardera ämnets molekyler skola redan förut ha varit underkastade samma tryck, som är rådande i lösningen. Häraf följer:

$$A_1 + M_1 = A; \quad A_2 + M_2 = A;$$

Kombinera de nu erhållna ekvationerna med (.1′$_1$) och (2), samt eliminera a_1 a_2 a M_1 M_2 c_1 c_2 s $\varphi_2 (p)$ och $\varphi_1 (100 - p)$, fås, efter slutekvationernas hyfsning:

$$f_1(100-p) = \frac{m_1 h}{2}\left[\frac{1}{s_1} - (A - A_1)\frac{\varkappa_1}{s_1} - \frac{p}{100-p}(A-A_2)\frac{\varkappa_2}{s_2}\right];$$

och

$$f_2(p) = \frac{m_2 h}{2}\left[\frac{1}{s_2} - (A - A_2)\frac{\varkappa_2}{s_2} - \frac{100-p}{p}(A-A_1)\frac{\varkappa_1}{s_1}\right];$$

Vid formelns tillämpning på lösningar af vätskor i vätskor och af gaser i vätskor möta åtskilliga svårigheter, främst vid bestämmandet af kvantiteterna A_1 och A_2, vidare af den funktionsform, som sammanbinder A med dessa och procenthalten, samt sluligen af lämpliga värden på $\varkappa$. Vid gasers lösningar i vätskor kunna dock *approximativt* dessa svårigheter kringgås på följande sätt:

Komprimera gasen före absorptionen, så att dess molekyler åverkas af ett tryck $= A_1$. Vid förtunnade gaslösningar kommer vidare sannolikt trycket i lösningen att ytterst litet afvika från trycket i den ursprungliga vätskan. Härför talar icke blott att, som vi i det föregående sett, $f_2(p)$ för gaslösningar är oberoende af p (för låga värden på p), utan äfven att vid dessa lösningar kompressibiliteten är den samma som den rena vätskans [1]; om det molekylära trycket i vätskan ändrades, borde nämligen detta äfven influera på kompressibiliteten.

Om man alltså har $A = A_1 = A_2$ äfven för ändliga, ehuru små, värden på p erhålles alltså det åtminstone approximativt giltiga uttrycket:

$$f_2(p) = \frac{m_2 h}{2}\frac{1}{s_2}$$

där s_2 betecknar gasens specifika vikt, då den är underkastad ett tryck $= A_1$; $\frac{m_2 h}{2 s_2}$ är den volym, till hvilken volymenheten gas vid 0° och 760 mm. blifvit reducerad genom anbringandet af trycket A'_1.

Ur Natterers tabeller [2] kan man erhålla det yttre tryck, som vid olika gaser erfordras för att reducera deras volym

[1] Jfr Isambert, Ann. de Chimie et de Phys. B. 12. p. 538 1887. Satsen gäller, då ingen kemisk inverkan äger rum.

[2] Pogg. Ann. 94. p. 442. 18.

till $f_2(p)$ Molekylerna i gasen äro då underkastade trycket A_1, som är summan af detta yttre tryck och det genom den molekylära attraktionen betingade trycket. Denna senare kvantitet har jag emellertid ej kunnat evaluera, då de härför erforderliga konstanterna ej äro tillfredsställande kända vid de höga tryck, som här ifrågakomma[1]. Jag anför här värdena på det yttre trycket under rubriken A'_1. Det visar sig, som Ångström[2] förut visat för vatten, att detta är approximativt konstant för en och samma vätska. Jag har därvid ej för vatten medtagit de starkt extrapolerade värdena för syrgas och koloxid.

Värden å A'_1, erhållna ur Natterers tabeller, ur $f_2(p)$ vänden för

	Vatten	Alkohol	Metyl-alkohol	Kloro-form	Benzol	Etyleter
Kväfgas	2520	1120	—	—	—	—
Luft	2630	830	850	805	705	555
Vätgas	2260	1100	1050	1010	900	785

Med hänsyn till den osäkerhet, som måste vidlåda det för A'_1-värdenas erhållande använda observationsmaterialet, kan man ej vänta sig bättre öfverensstämmelse. Att så verkligen är fallet, torde bäst framgå, om man uträknar medelvärden å A'_1 för de olika vätskorna och med användande af dessa återberäknar absorptions-dilatationskoefficienterna.

Vi finna medelvärdena på A'_1:

	A_1
Vatten	2470.
Etylalkohol	1020.
Metylalkohol	950.
Kloroform	910.
Benzol	800.
Etyleter	670.

[1] Se van der Waals, Die Continuität etc, 1881. P. 104.

[2] Öfvers. af Kongl. Vet. Akad. Förh. 1881. N:o 6. P. 47.

De återberäknade värdena på absorptions-dilatations-koefficienterna δ blifva:

För vatten:

	$\delta_{ber.}$	$\delta_{obs.}$
Kväfve	0.00147	0.00145
Luft	0.00143	0.00143
Väte	0.00103	0.00106

För alkohol:

	$\delta_{ber.}$	$\delta_{obs.}$
Kväfve	0.00192	0.00203
Luft	0.00189	0.00185
Väte	0.00159	0.00152

För metylalkohol:

	$\delta_{ber.}$	$\delta_{obs.}$
Luft	0.00193	0.00201
Väte	0.00165	0.00157

För kloroform:

	$\delta_{ber.}$	$\delta_{obs.}$
Luft	0.00195	0.00205
Väte	0.00169	0.00160

För benzol:

	$\delta_{ber.}$	$\delta_{obs.}$
Luft	0.00206	0.00216
Väte	0.00182	0.00170

För etyleter:

	$\delta_{ber.}$	$\delta_{obs.}$
Luft	0.00220	0.00240
Väte	0.00206	0.00184

Afvikelserna öfverstiga i allmänhet icke 5 %, under det att för åtskilliga af de observerade δ-värdena osäkerheten uppgår till nära detta värde.

Den närmaste svårigheten vid formelns pröfning å lösningar af vätskor i vätskor är att finna en relation mellan A och A_1, A_2, p. Enligt hvad vi i det föregående sett, är approximativt

$$f_2(p) + f_1(100 - p) = \text{konst.} = k,$$

hvilket ger:

$$k = \frac{m_1 h}{2}\left[\frac{1}{s_1} - (A - A_1)\frac{\varkappa_1}{s_1} - (A - A_2)\cdot\frac{p}{100 - p}\,\frac{\varkappa_2}{s_2}\right] +$$

$$+ \frac{m_2 h}{2}\left[\frac{1}{s_2} - (A - A_2)\frac{\varkappa_2}{s_2} - (A - A_1)\frac{100 - p}{p}\,\frac{\varkappa_1}{s_1}\right]:$$

k är oberoende af p och alltså konstant beträffande en viss lösning; däremot varierar den med olika lösningar, d. v. s. är en funktion af $m_1\ m_2\ s_1\ s_2\ \varkappa_1\ \varkappa_2$ och $A_1\ A_2$. Det har ej lyckats mig att finna denna funktions form.

Emellertid vet man nu om A dels att det skall göra k oberoende af p och dels att det för $p = 0$ skall vara lika med A_1, för $p = 100$ lika med A_2. Om man då åt A kan gifva en form, som fyller dessa villkor, bör denna kunna tjänstgöra som en första approximation.

En sådan särdeles enkel funktionsform erhålla vi, om vi antaga, att A_1 och A_2 som additiva egenskaper tillkomma grammolekylerna hos de i lösningen ingående ämnena[1] d. v. s. vi antaga:

$$p = r_2 m_2;\quad 100 - p = r_1 m_1$$

$$A = \frac{r_1 A_1 + r_2 A_2}{r_1 + r_2}$$

eller med återinförande af p:

$$A = \frac{(100 - p)m_2 A_1 + p m_1 A_2}{(100 - p)m_2 + p m_1}.$$

Denna form ger åt A för $p = 0$ och $p = 100$ de rätta värdena. I närheten af dessa punkter bör då formen kunna vara användbar.

[1] Däremot får man ej låta A variera liniärt med procenthalten och sätta $A = \frac{(100 - p)A_1 + p A_2}{100}$; denna form gör ej k oberoende af p.

Med detta uttryck på A erhålles för $f_2(p)$ uttrycket:

$$f_2(p) = \frac{m_2 h}{2}\left[\frac{1}{s_2} - \frac{(100-p)(A_1 - A_2)}{(100-p)m_2 + p m_1}\left(\frac{\varkappa_2}{s_2} m_2 - \frac{\varkappa_1}{s_1} m_1\right)\right];$$

hvilket för $p = 0$ ger:

$$f_2(0) + \frac{m_2 h}{2}\left[\frac{1}{s_2} - \frac{A_1 - A_2}{m_2}\left(\frac{\varkappa_2}{s_2} m_2 - \frac{\varkappa_1}{s_1} m_1\right)\right].$$

Analogt erhålles:

$$f_1(100) = \frac{m_1 h}{2}\left[\frac{1}{s_1} - \frac{A_1 - A_2}{m_1}\left(\frac{\varkappa_2}{s_2} m_2 - \frac{\varkappa_1}{s_1} m_1\right)\right].$$

För att kunna pröfva dessa formler på lösningar af vätskor i vätskor vore kännedomen af A_1 och A_2 erforderlig. Då emellertid dessa blott ingå såsom differenser, bör man kunna approximativt utbyta $A_1 - A_2$ mot $A'_1 - A'_2$, då dessa äro våra i det föregående ur gasernas absorptions-dilatations-koefficienter erhållna tryckvärdena. Dessa äro visserligen för små, då de skulle ökas med trycket, betingadt genom den molekylära attraktionen mellan de ifrågakommande gasernas molekyler. Men då denna för en och samma gas vid dess absorption i olika vätskor endast är beroende af värdet på δ och detta varierar inom ganska trånga gränser, böra ifrågavarande tryck i differenserna approximativt taga ut hvarandra.

För att pröfva formeln på de undersökta vätskelösningarne, erfordras vidare att känna värdena å $\varkappa$. Härför ha värden enligt bestämningar å kompressibilitetskoefficienten tagits, hvarvid så vidt möjligt värden gällande för mycket höga tryck valts. Vi ha här tryckdifferenser, hvilka kunna uppgå till cirka 1000 atmosfärer. Härvid har jag dock fått utföra korrektioner för temperaturen, hvilka ej äro tillfredsställande, men som dock på grund af temperaturintervallens obetydliga storlek ej torde vara alldeles opålitliga. I alla händelser bli dock $\varkappa$-värdena osäkra. Jag skall här redogöra för, huru jag erhållit desamma.

Vatten: Vid temperatur 8° och tryck till 705 atmosfärer är $\varkappa . 10^6 = 46.9$ enligt bestämningar af Cailletet[1]. Vid vanligt tryck minskas $\varkappa . 10^6$ med 0.2 per grad. Under antagande af samma ändring med temperaturen vid höga tryck blir $\varkappa . 10^6$ för sådana och 15° = 45.4.

Etylalkohol: Vid 680 atmosfärer och en temperatur af 11° är $\varkappa . 10^6 = 75$[1]. Vid vanliga tryck ökar $\varkappa . 10^6$ med 1.2 per grad. Alltså erhålles $\varkappa . 10^6$ vid höga tryck och en temperatur af 15° = 80.

Metylalkohol: Uppgift om $\varkappa$ vid höga tryck har jag ej lyckats finna. Vid vanliga tryck är vid 13°.5 $\varkappa . 10^6 = 91.1$; vid 18°.10 är det 119.9[1]. Häraf har interpolerats värdet 100 vid 15°.

Kloroform: För höga tryck saknas uppgift. Vid 15° finnes $\varkappa . 10^6 = 121$ genom interpolation mellan 0°—20°.

Benzol: Högsta tryck, för hvilket bestämning är mig bekannt, är för en tryckdifferens 8—37 atmosfärer. Vid 16° är $\varkappa . 10^6 = 90$, vid 99°.3 187. Genom extrapolation finnes $\varkappa . 10^6 = 89$ vid 15°.

Etyleter: För en tryckdifferens af 1 till 154 atmosfärer är $\varkappa . 10^6 = 156$ vid 17°.4; temperaturkoefficienten kan beräknas ur andra bestämningar (utan angifna tryckgränser, vid 15° och 17° till 3.5 per grad i värdet $\varkappa . 10^6$. Härur erhålles vid högre tryck och 15° temperatur $\varkappa . 16^6 = 148$.

Uppgifterna för kloroform, benzol och etyleter äro hämtade ur Landolt u. Börnstein, Phys. Chem. Tabellen, för öfriga vätskor ur Winkelmann, Handbuch der Physik, I, 1891.

För A'_1-värdena har ingen temperaturkorrektion kunnat anbringas.

Jag skall här nedan sammanställa observerade och beräknade värden å $f_2(0)$ och $f_1(0)$ för de undersökta lösningarne. Under I anföras de vätskor, till hvilka f_1, under II de, till hvilka f_2 referera sig. Som observerade värden äro angifna de ur specifika viktbestämningarne beräknade.

[1] Winkelmann, Handbuch der Physik. I. P. 362.

Lösningar af:

I	II	$f_2(0)$ ber.	$f_2(0)$ obs.	$f_1(0)$ ber.	$f_1(0)$ obs.
Vatten	Etylalkohol	0.00236	0.00243	0.00056	0.00060
Vatten	Metylalkohol	0.00158	0.00168	0.00059	0.00065
Kloroform	Etylalkohol	0.00256	0.00261	0.00353	0.00356
Metylalkohol	Etylalkohol	0.00259	0.00258	0.00180	0.00180
Benzol	Etylalkohol	0.00256	0.00260	0.00392	0.00390
Etyleter	Etylalkohol	0.00242	0.00247	0.00444	0.00452
Kloroform	Metylalkohol	0.00179	0.00179	0.00354	0.00359
Benzol	Metylalkohol	0.00177	0.00180	0.00392	0.00393
Etyleter	Metylalkohol	0.00166	0.00163	0.00446	0.00447
Kloroform	Etyleter	0.00454	0.00450	0.00349	0.00327
Benzol	Etyleter	0.00456	0.00457	0.00390	0.00385

Häraf synes, att öfverensstämmelsen mellan beräknade och observerade värden är ganska god.

De volymändringar, som uppträda vid gasers och vätskors lösningar i vätskor visa sig alltså beträffande de här undersökta lösningarne, utgörande alla, för hvilka, såvidt mig är bekannt, nödigt observationsmaterial för en kvantitativ pröfning föreligger, kunna förklaras genom de tryckändringar, som de i lösningen ingående ämnenas molekyler vid lösningens bildande underkastas.

Ammoniak, absorberad i vatten. (Apparat I).

Tabell 1.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
13730	13730	14.72	14.72	0.001072	0.0000099	2
11670	25400	12.24	26.96	0.001061	0.0000060	6
10050	35450	10.98	37.95	0.001071	0.0000059[1]	7
5510	40960	5.72	43.67	0.001066	0.0000051	9
11550	52510	12.49	56.16	0.001070	0.0000049[1]	9
10680	63190	11.34	67.50	0.001068	0.0000040	14
13970	77160	14.89	82.39	0.001068	0.0000036	17
8930	86090	10.07	92.46	0.001074	0.0000031	23
18150	104240	19.17	111.63	0.001071	0.0000028[1]	28
16040	120280	18.03	129.66	0.001077	0.0000025	35
11840	132120	12.65	142.31	0.001077	0.0000024	39

$$\delta = 0.001073 \pm 0.000001.$$

Tabell 2.

V mm³	H mm	$t°$	g mm³
8460	773.5	19.3	8010
11700	758.0	17.0	10940
13600	750.7	15.7	12660

[1] Kvicksilfver uttaget ur dilatometern.

Svafvelsyrlighet, absorberad i vatten. (Apparat I).

Tabell 3.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma\Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
8010	8010	7.02	7.02	0.000876	0.000017	1
10940	10940	9.25	9.25	0.000846	0.000012	2
12660	23600	10.96	20.21	0.000856	0.000006	8

$$\delta = 0.000856 \pm 0.000003.$$

Metan, absorberad i vatten. (Apparat I).

Tabell 4.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma\Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
890	890	1.90	1.90	0,002135	0.000145	2
580	1470	1.32	3.22	0.002190	0.000109	3
720	2190	1.36	4.58	0.002092	0.000069	8

$$\delta = 0.002121 \pm 0.000045.$$

Metan, absorberad i etylalkohol. (Apparat I).

Tabell 5.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma\Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
2050	2050	4.88	4.88	0.002381	0.000064	1
3150	5200	7.79	12.67	0.002437	0.000044	2
1330	6530	2.85	15.52	0.002377	0.000024	8

$$\delta = 0.002388 \pm 0.000020.$$

Metan, absorberad i etyleter. (Apparat I).

Tabell 6.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma\Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
4500	4500	10.08	10.08	0.002240	0.000030	1
6010	10510	13.53	23.61	0.002246	0.000014	5
3460	13970	7.56	31.17	0.002231	0.000015[1]	4
5060	19030	11.68	42.85	0.002252	0.000010	8
3430	22460	7.80	50.65	0.002255	0.000010	8

$\delta = 0.002248 \pm 0.000006.$

Kväfgas, absorberad i etylalkohol. (Apparat II).

Tabell 7.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma\Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
5160	5160	9.59	9.59	0.001858	0.000020	1
6330	11490	11.77	21.36	0.001859	0.000014[1]	2
4540	16030	8.35	29.71	0.001853	0.000010	4

$\delta = 0.001855 \pm 0.000007.$

Kolsyra, absorberad i etylalkohol. (Apparat I).

Tabell 8.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma\Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
7540	7540	14.18	14.18	0.001881	0.000023	1
6590	14130	11.97	26.15	0.001851	0.000013	3
3780	17910	6.81	32.96	0.001840	0.000010	5

$\delta = 0.001849 \pm 0.000007.$

[1] Kvicksilfver borttaget ur dilatometern.

Kväfgas, absorberad i etylalkohol, innehållande 17910 kub. mm. kolsyra. (Apparat I).

Tabell 9.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
4500	4500	8.26	8.26	0.001836	0.000037	1
4380	8880	8.05	16.31	0.001837	0.000029	3
5940	14820	10.88	27.19	0.001835	0.000013	8

$$\delta = 0.001836 \pm 0.000010 .$$

Kolsyra, absorberad i etylalkohol, innehållande 17910 kub. mm. kolsyra och 14820 kub. mm. kväfgas. (Apparat I).

Tabell 10.

g mm³	G mm³.	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
8770	8770	15.55	15.55	0.001773	0.000020	1
8980	17750	16.51	32.06	0.001806	0.000010	3
9550	27300	17.72	49.78	0.001823	0.000009[1]	5
14330	41630	26.35	76.13	0.001829	0.000006	10
9150	50780	16.77	92.90	0.001830	0.000006[1]	10

$$\delta = 0.001824 \pm 0.000002.$$

[1] Kvicksilfver borttaget ur dilatometern.

Kolsyra, absorberad i vatten — etylalkohollösningar.

Lösning 1. Specifik vikt $\binom{15°.56}{15°.56} = 0.8339$. Viktsprocent alkohol: 85.75. (Apparat II).

Tabell 11.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
4670	4670	8.32	8.32	0.001782	0.000027	1
4120	8790	7.17	15.49	0.001762	0.000015	3
3770	12560	6.42	21.91	0.001744	0.000012	5
3050	15610	5.38	27.29	0.001748	0.000009	9
3690	19300	6.50	33.79	0.001751	0.000009[1]	9
3390	22690	5.83	39.62	0.001746	0.000007	13
4330	27020	7.54	47.16	0.001745	0.000007[1]	13
4330	31350	8.12	55.28	0.001763	0.000006	21
5470	36820	9.74	65.02	0.001766	0.000006[1]	21

$$\delta = 0.001756 \pm 0.000003.$$

Lösning 2. Specifik vikt $\binom{15°}{15°} = 0.9393$. Viktsprocent alkohol: 40.20. (Apparat I).

Tabell 12.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
2150	2150	3.26	3.26	0.001516	0.000076	1
1630	3780	2.68	5.94	0.001571	0.000044	3
1570	5350	2.49	8.43	0.001576	0.000033	5

$$\delta = 0.001568 \pm 0.000025.$$

[1] Kvicksilfver borttaget ur dilatometern.

Lösning 3. Specifik vikt $\left(\frac{15^\circ}{15^\circ}\right) = 0.9587$. Viktsprocent alkohol: 29.35. (Apparat II).

Tabell 13.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
1420	1420	2.12	2.12	0.001491	0.000067	1
1140	2560	1.59	3.71	0.001449	0.000045	2
1180	3740	1.67	5.38	0.001439	0.000031	4
910	4650	1.42	6.80	0.001462	0.000022	8

$\delta = 0.001456 \pm 0.000016$.

Lösning 4. Specifik vikt $\left(\frac{15^\circ}{15^\circ}\right) = 0.9838$. Viktsprocent alkohol: 10.10. (Apparat I).

Tabell 14.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
1430	1430	2.10	2.10	0.001469	0.000109	1
1440	2870	2.14	4.24	0.001477	0.000057	3
1350	4220	2.00	6.24	0.001479	0.000060[1]	3

$\delta = 0.001477 + 0.000039$.

Kolsyra, absorberad i vatten. (Apparat I).

Tabell 15.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
2060	2060	3.14	3.14	0.001524	0.000060	1
2680	4740	4.13	7.27	0.001534	0.000034	4
3030	7770	4.62	11.89	0.001530	0.000024	9

$\delta = 0.001531 \pm 0.000016$.

[1] Kvicksilfver borttaget ur dilatometern.

Kolsyra, absorberad i vatten. (Apparat II).

Tabell 16.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
1770	1770	2.66	2.66	0.001503	0.000051	1
1900	3670	2.86	5.52	0.001504	0.000029	3
1490	5160	2.24	7.76	0.001504	0.000022	5

$\delta = 0.001504 \pm 0.000016$.

Ammoniak, absorberad i vatten.

Tabell 17. Temperatur 14°.

p	δ	p	δ	p	δ
2.0	0.001090	14.0	0.001080	26.0	0.001060
4.0	0.001090	16.0	0.001077	28.0	0.001056
6.0	0.001089	18.0	0.001074	30.0	0.001052
8.0	0.001087	20.0	0.001071	32.0	0.001048
10.0	9.001104	22.0	0.001067	34.0	0.001043
12.0	0.001082	24.0	0.001064	36.0	0.001039

Tabell 18. Temperatur 15°.

p	δ	p	δ
0.45	0.001101	20.49	0.001068
4.30	0.001086	24.99	0.001064
8.33	0.001084	28.33	0.001061
12.74	0.001077	32.50	0.001058
16.22	0.001073	34.95	0.001054

Svafvelsyrlighet, absorberad i vatten. Temperatur 15°.

Tabell 19.

p	δ
1	0.00140
2	0.00142
3	0.00143
4	0.00145

p	δ
5	0.00145
6	0.00147
7	0.00147
8	0.00148

p	δ
9	0.00149
10	0.00149
11	0.00150
12	0.00150
13	0.00151

Tabell 20.

g mm³	G mm³	Δv mm³	$\Sigma \Delta v$ mm³	δ	$d\delta$	p
2090	——	2.88	——	0.001378	——	—
3430	3430	5.16	5.16	0.001504	0.000041	1
2410	5840	3.87	9.03	0.001546	0.000031	2
3270	9110	4.85	13.88	0.001524	0.000020	4

Klorväte. Temperatur: 15°.

Tabell 21.

p	δ
0.16	0.00081
3.12	0.00081
6.15	0.00084
9.16	0.00085
12.19	0.00086
15.16	0.00087
18.11	0.00088
20.97	0.00089

p	δ
23.82	0.00089
26.70	0.00090
28.61	0.00090
30.55	0.00091
33.46	0.00092
35.39	0.00092
37.23	0.00093
39.11	0.00093

Bromväte. Temperatur: 14°.

Tabell 22.

p	δ	p	δ
1	0.00112	20	0.00115
2	0.00112	25	0.00115
3	0.00111	30	0.00115
4	0.00116	35	0.00115
5	0.00118	40	0.00115
10	0.00116	45	0.00114
15	0.00115	49	0.00115

Jodväte. Temperatur: 18°.

Tabell 23.

p	δ	p	δ
1	0.00120	25	0.00166
2	0.00149	30	0.00166
3	0.00162	35	0.00164
4	0.00169	40	0.00164
5	0.00164	45	0.00163
10	0.00163	50	0.00161
15	0.00170	55	0.00161
20	0.00167	58	0.00162

Tabell 24.

	Luft δ_1	Vätgas δ_2	Kolsyra δ_3	Metan δ_4	Kväfgas δ_5	Kväf-oxidul δ_6	$\frac{\delta_2}{\delta_1}$	$\frac{\delta_3}{\delta_1}$	$\frac{\delta_4}{\delta_1}$	$\frac{\delta_5}{\delta_1}$	$\frac{\delta_6}{\delta_1}$
loroform .	0.00205*	0.00160*	0.00188*	—	—	—	0.78	0.92	—	—	—
atten	0.00143*	0.00106*	0.001518	0.00212	0.00145*	0.00159**	0.74	1.06	1.48	1.01	1.11
enzol	0.00216*	0.00170*	0.00200*	—	—	—	0.79	0.93	—	—	—
Ietylalkohol	0.00201*	0.00157*	0.00184*	—	—	—	0.78	0.92	—	—	—
Etylalkohol .	0.00203*	0.00152*	0.001849	0.00239	0.001855	0.00200**	0.75	0.91	1.18	0.91	0.98
Etyleter . . .	0.00240*	0.00184*	0.00200*	0.002248	—	—	0.77	0.83	0.94	—	—

Tabell 25.

Kloroform (I) — Etylalkohol (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	1.4989	—	356	—
4.98	1.4345	261	356	617
12.92	1.3453	259	355	614
32.57	1.1667	258	354	612
60.07	0.9817	258	351	609
79.30	0.8822	258	351	609
90.28	0.8342	259	349	608
94.40	0.8172	259	351	610
100	0.7954	259	—	—

Tabell 26.

Metylakohol (I) — Etylalkohol (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	0.7970	—	180	—
5.62	0.7970	258	180	438
9.98	0.7970	258	180	438
20.56	0.7966	259	180	439
38.39	0.7965	259	180	439
49.81	0.7962	259	180	439
56.62	0.7960	259	180	439
78.99	0.7957	259	180	439
100	0.7954	259	—	—

Tabell 27.

Benzol (I) — Etylalkohol (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	0.8849	—	395	—
14.18	0.8703	260	395	655
26.73	0.8586	260	395	655
39.62	0.8471	259	395	654
62.49	0.8294	258	391	649
78.18	0.8153	258	390	648
89.15	0.8052	259	390	649
100	0.7954	259	—	—

Tabell 28.

Etyleter (I) — Etylalkohol (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	0.7206	—	460	—
5.74	0.7261	247	459	706
15.28	0.7349	249	457	706
34.84	0.7508	253	455	708
49.79	0.7618	255	453	708
69.89	0.7761	257	451	708
85.93	0.7855	258	454	712
92.67	0.7904	259	452	711
100	0.7954	259	—	—

Tabell 29.

Kloroform (I) — Metylalkohol (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	1.4989	—	356	—
4.70	1.4400	179	355	534
15.60	1.3248	176	353	529
30.15	1.1876	179	354	533
50.07	1.0420	179	354	533
70.08	0.9273	180	354	534
84.82	0.8579	180	356	536
92.50	0.8258	180	359	539
100	0.7970	180	—	—

Tabell 30.

Benzol (I) — Metylalkohol (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	0.8849	—	395	—
5.08	0.8799	180	395	575
15.15	0.8701	181	395	576
27.54	0.8588	180	395	575
49.71	0.8392	180	394	574
71.07	0.8209	180	394	574
87.88	0.8069	180	394	574
94.85	0.8012	180	393	573
100	0.7970	180	—	—

Tabell 31.

Etyleter (I) — Metylalkohol (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	0.7206	—	460	—
3.87	0.7257	163	458	621
14.82	0.7368	169	456	625
30.00	0.7481	175	454	629
50.25	0.7654	176	450	626
73.47	0.7807	178	449	627
82.20	0.7866	179	447	626
100	0.7970	180	—	—

Tabell 32.

Kloroform (I) — Etyleter (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	1.4989	—	356	—
14.48	1.3065	450	353	803
29.53	1.1506	448	347	795
50.37	0.9836	451	341	792
69.69	0.8632	454	336	790
84.03	0.7904	457	331	788
93.87	0.7461	459	327	786
100	0.7206	460	—	—

Tabell 33.

Benzol (I) — Etyleter (II).

p	s	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_1+f_2) \cdot 10^5$
0	0.8849	—	395	—
4.75	0.8759	457	394	851
14.80	0.8578	455	394	849
29.75	0.8323	454	392	846
49.74	0.8004	454	389	843
73.80	0.7615	457	385	842
100	0.7206	460	—	—

Tabell 34.

Vatten (I) — Etylalkohol (II).

p	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_2+f_1) \cdot 10^5$
1	245	81	326
5	243	80	323
10	240	80	320
20	236	78	314
30	237	77	314
40	239	75	314
50	243	74	317
60	246	73	319
70	249	71	320
80	251	68	319
90	255	66	321
100	260	60[1]	320

Tabell 35.

Vatten (I) — Metylalkohol (II).

p	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_2+f_1) \cdot 10^5$
1	166	81	247
5	168	80	248
10	168	80	248
20	166	79	245
30	166	77	243
40	167	76	243
50	169	74	243
60	170	73	243
70	173	71	244
80	175	69	244
90	177	66	243
100	180	65[1]	245

[1] Best. ur procenthalt nära 100.

Tabell 36.

Vatten (I) — Glycerin (II).

p	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_2+f_1) \cdot 10^5$
5	313	81	394
10	314	80	394
20	316	80	396
30	316	80	396
40	316	79	395
50	318	79	397
60	319	79	398
70	320	78	398
80	322	77	399
90	324	77	401
100	326	77[1]	403

Tabell 37.

Vatten (I) — Ättiksyra (II).

p	$f_2(p) \cdot 10^5$	$f_1(100-p) \cdot 10^5$	$(f_2+f_1) \cdot 10^5$
1	228	81	309
5	228	80	308
10	229	80	309
20	231	79	310
30	233	78	311
40	235	77	212
50	237	75	312
60	240	74	314
70	242	72	314
80	245	69	314
90	249	65	314
95	251	61	312
100	255	54[1]	309

[1] Best. ur procenthalt nära 100.